

# INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

## CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

S-E-C-R-E-T

25X1

COUNTRY USSR

REPORT

SUBJECT Soviet Publications on Industrial Electronics

DATE DISTR.

22 October 1959

NO. PAGES

1

REFERENCES

RD

DATE OF INFO.

25X1

PLACE &amp; DATE ACQ

25X1

SOURCE EVALUATIONS ARE PRELIMINARY APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

Promyslennaya Elektronika (Industrial Electronics) by Izrail Lvovich Kaganov and published by the State Power Publishing House, Moscow/Leningrad 1954. This appears to be Issue 27 within a series, Notes on the History of Power Technology in the USSR, sponsored by the Moscow Order of Lenin Power Institute i/n V.M. Molotov.

2. Page four of this publication contains a list of a total of 32 issues which have been published within this series.
3. The publication may be treated as UNCLASSIFIED when detached from the covering report.

25X1

S-E-C-R-E-T

STATE	X	ARMY	X	NAVY	X	AIR	X	FBI		AEC				
(Notes: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#")														

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

# **ОЧЕРКИ ПО ИСТОРИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ СССР**

---

**И. Л. КАГАНОВ**

## **ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**



**ГОСЭНЕРГОИЗДАТ**



---

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. В. М. МОЛОТОВА

\* \* \*

# ОЧЕРКИ ПО ИСТОРИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ СССР

○

Редакционная комиссия: д. т. н. *Л. Д. Белькинд*,  
д. т. н. *А. А. Глазунов*, к. т. н. *Б. А. Голубцова* (председатель),  
д. т. н. *Т. Л. Золотарев*, д. т. н. *С. В. Избаш*, член-корр.  
АН СССР *В. А. Кириллин*, к. т. н. *И. Я. Конфедератов*,  
д. т. н. *Г. Н. Петров*, д. т. н. *Л. И. Сиротинский*, проф. *И. И. Со-  
ловьев*, член-корр. АН СССР *М. А. Стырикович*, к. т. н.  
*Я. А. Шнейберг*, член-корр. АН СССР *А. В. Щегляев*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1954 ЛЕНИНГРАД



*Выпуск 27*

*Для обсуждения*

И. Л. КАГАНОВ

# ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1954 ЛЕНИНГРАД

# ПЕРЕЧЕНЬ ВЫПУСКОВ «ОЧЕРКОВ ПО ИСТОРИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ СССР»

1. Энергетика в системе социалистического хозяйства чл. корр. АН СССР  
*В. И. Вейц*
2. Энергетическое образование . . . . . д. т. н. *Л. Д. Белькинд*
3. Энергетические съезды и конференции. Энергетическая периодика . . . . . инж. *Г. О. Левит*
4. Развитие научных основ гидроэнергетики . . . . . д. т. н. *С. В. Избаш*
5. Гидроэнергетика . . . . . д. т. н. *Т. Л. Золстарев*
6. Проектирование гидроэлектростанций . . . . . чл.-корр. АН СССР  
*Б. К. Александров*
7. Гидроэлектростроительство . . . . . проф. *И. И. Кандалов*
8. Гидротурбостроение . . . . . чл.-корр. АН СССР  
*Н. Н. Ковалев, д. т. н. В. С. Квятковский*
9. Лопастные насосы для энергетики . . . . . проф. *А. Е. Караваев*
10. Развитие теоретических основ теплотехники:  
1. Техническая термодинамика . . . . . к. т. н. *Д. Д. Калафати*  
2. Теплообмен . . . . . к. т. н. *Б. С. Петухов*
11. Тепловое энергомашиностроение:  
1. Теплоэнергетика в до-революционной России к. т. н. *И. Я. Конфедератов*  
2. Энергетическое котло-строение . . . . . д. т. н. *А. П. Ковалев*  
3. Паровые турбины . . . . . чл.-корр. АН СССР  
*А. В. Щегляев, к. т. н. С. Г. Смелянский*
12. Тепловые электрические станции . . . . . проф. *Л. И. Керцелли, к. т. н. И. Я. Конфедератов*
13. Теплотехнические измерения и тепловая автоматика к. т. н. *С. Ф. Чистяков*
14. Теплоиспользование в производственных огнетехнических процессах . . . . . д. т. н. *Н. А. Семененко, к. т. н. М. Л. Гиммельфарб*
15. Теплоиспользование в низкотемпературных производственных процессах . . . . . д. т. н. *П. Д. Лебедев*
16. Тепловые сети . . . . . д. т. н. *Е. Я. Соколов*
17. Энергоснабжение промышленных предприятий . . . . . д. т. н. *В. В. Лукницкий*
18. Производство холода . . . . . д. т. н. *Е. Я. Соколов, д. т. н. И. С. Бадиль-кес*
19. Развитие теоретической электротехники . . . . . д. т. н. *К. М. Поливанов*
20. Электромашиностроение . . . . . д. т. н. *Ю. С. Четет, инж. С. А. Гусев*
21. Электроаппаратостроение д. т. н. *М. А. Бабиксв*
22. Электротехнические материалы:  
1. Диэлектрики . . . . . д. т. н. *И. Г. Дроздсв*  
2. Электроизоляционные материалы . . . . . к. т. н. *В. А. Голубцова*  
3. Магнитные материалы проф. *В. С. Пантюшин*
23. Электрические системы и электрические сети . . . . . д. т. н. *В. А. Вениксв, проф. П. Г. Грудинский, к. т. н. Л. Ф. Дмохсв-ская, проф. И. И. Соловьев, проф. А. М. Федс-сеев*
24. Кабельная техника . . . . . д. т. н. *В. А. Привезенцев*
25. Электронизмерительное приборостроение и электрические измерения . . . проф. *А. В. Талицкий*
26. Автоматика и телемеханика . . . . . к. т. н. *Г. М. Жданов, к. т. н. Ф. Е. Темников, д. т. н. Л. С. Гольд-фарб*
27. Промышленная электроника . . . . . д. т. н. *И. Л. Кагансв*
28. Электропривод . . . . . д. т. н. *А. Т. Голован*
29. Электрификация транспор-та . . . . . д. т. н. *Д. К. Минов*
30. Применение электричсст-ва в авиации и автотранс-порте . . . . . чл.-корр. АН СССР  
*А. Н. Ларионов*
31. Светотехника . . . . . д. т. н. *Л. Д. Белькинд, д. т. н. А. П. Ивансв*
32. Промышленная электро-термия . . . . . к. т. н. *А. Д. Свенчан-ский, д. т. н. А. В. Не-тушил, инж. Л. Д. Ра-дунский, инж. К. М. Фи-липпов*

## ОТ РЕДАКЦИОННОЙ КОМИССИИ

История энергетической техники СССР является одним из крупнейших и важнейших разделов истории развития отечественной техники. Однако, несмотря на значительный интерес, проявляемый к истории науки и техники со стороны широких слоев трудящихся нашей страны, до последнего времени вопросы истории энергетики Советского Союза были разработаны совершенно недостаточно. В отдельных монографиях и в работах, опубликованных в периодической печати, рассматривался преимущественно дореволюционный период развития энергетической техники, советский же период, имеющий наиболее важное значение, оставался мало разработанным и недостаточно освещенным.

В связи с этим коллектив профессоров и преподавателей Московского ордена Ленина энергетического института им. В. М. Молотова (МЭИ) в начале 1952 г. поставил перед собой задачу создать монографию по истории энергетической техники СССР. Инициатива авторского коллектива МЭИ была поддержана Министерством высшего образования СССР.

Редакционная комиссия и авторский коллектив отчетливо представляли всю сложность задачи, связанной с подбором большого исторического материала, его анализом и систематизацией. Подготавливаемый труд должен охватить все основные направления развития отечественной энергетической техники, начиная от момента их зарождения в дореволюционный период и кончая периодом пятой пятилетки. При этом должно быть показано, как наша страна, технически и экономически отсталая в прошлом, в советский период под руководством Коммунистической партии и Правительства не только догнала, но по многим техническим показателям и превзошла энергетическую технику капиталистических государств. На основе исторического анализа развития отечественной энергетической техники должны быть намечены ее дальнейшие перспективы.

Сложность задачи, стоявшей перед авторским коллективом, усугублялась еще и тем, что большинство авторов, будучи специалистами в определенной области техники, впервые занялось серьезным историко-техническим исследованием, требующим глубокого диалектического анализа развития данной отрасли техники и ее связей с наукой и экономикой. Необходимо было не только дать анализ и обобщение многочисленных фактов из истории отечественной энергетики, выявить основные закономерности и этапы в развитии отдельных отраслей энергетической техники, но и найти доступную и вместе с тем научную форму изложения материала, исходя из того, что данный труд предназначается не только для инженерно-технических работников, но и для широких кругов советской интеллигенции.

Двухлетний опыт работы авторского коллектива показал, что создание целостной монографии по истории энергетической техники невозможно без предварительного создания сборника очерков по истории отдельных отраслей энергетической техники и всестороннего критического обсуждения его. Поэтому Редакционная комиссия и авторский коллектив приняли решение о первоначальном издании материалов к будущей монографии в виде отдельных очерков-макетов с тем, чтобы обеспечить возможность их критического обсуждения со стороны научной и инженерно-технической общественности и тем самым повысить качество будущей монографии.

В процессе работы авторского коллектива материалы монографии обсуждались на кафедрах МЭИ, а также в других вузах, в научно-исследовательских институтах и на промышленных предприятиях страны. В январе 1954 г. Научно-техническое общество МЭИ провело конференцию, посвященную обсуждению подготовленных авторами материалов. Интерес, проявленный к конференции со сто-

роны ученых, инженеров и техников Москвы, Ленинграда, Киева и других городов нашей страны, убедительно показал, насколько назрела необходимость в создании научного труда по истории отечественной энергетической техники.

Публикуемые очерки, переработанные авторами с учетом критических замечаний участников конференции и полученных рецензий, еще не представляют собой глав будущей монографии. В них еще недостаточно осуществлена взаимная увязка, имеет место некоторое различие в стиле изложения материала, в методах его анализа и степени использования первоисточников и архивных документов; во многих очерках недостаточно внимание уделяется анализу развития научных идей. Недостатком ряда публикуемых очерков является отсутствие материалов, отражающих борьбу советского народа за подъем производительности труда. Эти недочеты должны быть устранены в процессе дальнейшей работы над монографией. Учитывая, что собранный авторами материал может представлять самостоятельный интерес, Редакционная комиссия сочла целесообразным опубликовать подготовленные очерки без сокращений.

Предполагаемая монография будет состоять из четырех томов: общие вопросы развития энергетической техники; гидроэнергетика; теплоэнергетика; электроэнергетика. Ряд областей советской электротехники и энергетики — техника высоких и сверхвысоких частот, техника проводной связи, двигатели внутреннего сгорания, транспортные двигатели, электрификация сельского хозяйства и некоторые

другие, как имеющие самостоятельное значение, должны освещаться в специальных историко-технических исследованиях и в подготавливаемую монографию не войдут.

Редакционная комиссия и авторский коллектив отдают себе отчет в том, что предлагаемые вниманию читателя очерки страдают рядом существенных недостатков, которые могут быть устранены только при широком обсуждении публикуемых материалов.

Критические указания, предложения и замечания читателей будут учтены в процессе дальнейшей работы при составлении монографии на основе публикуемых очерков. Это потребует большой творческой переработки подготовленных материалов и явится следующим этапом проводимой работы.

В связи с подготовкой отдельных томов будущей монографии одной из наиболее трудных задач, стоящих перед авторским коллективом, является разработка периодизации развития энергетической науки и техники, которая должна быть положена в основу изложения материала каждого тома. Поэтому Редакционная комиссия просит читателей высказать свои замечания и предложения также и по данному вопросу.

Редакционная комиссия обращается с просьбой ко всем читателям очерков присылать свои критические замечания и пожелания по адресу: Москва Е-116, Красноказарменная, 14, МЭИ им. В. М. Молотова, Редакционной по подготовке монографии «История энергетической техники СССР».

*Редакционная комиссия*

## ВВЕДЕНИЕ

Промышленная электроника охватывает собой область электроники, призванную обслуживать нужды промышленности и энергосистем устройствами, имеющими в своем составе приборы: электронные, ионные и полупроводниковые. Такие устройства применяются для преобразования тока в системах управления режимами работы промышленных объектов и их регулирования, а также для измерения и контроля за ходом производственных и энергетических процессов.

Применение электронных, ионных и полупроводниковых приборов и устройств не только облегчает задачи механизации и автоматизации производственных процессов, но и способствует коренному их усовершенствованию.

Прогрессивная роль электроники базируется: 1) на высокой чувствительности всех названных типов приборов к изменениям режима на входе устройств; 2) исключительно быстрой реакции устройств на изменение входной величины; 3) широкой приспособленности устройств к различного рода преобразованиям тока и энергии.

В самостоятельную отрасль техники промышленная электроника выкристаллизовалась только в послевоенные пятилетки в связи с ши-

роким и все более нарастающим внедрением ее в промышленные и энергетические объекты.

Ранее эта отрасль техники охватывала собой главным образом выпрямление тока, т. е. преобразование переменного тока в постоянный. В связи с этим история развития промышленной электроники до послевоенных пятилеток исчерпывается главным образом развитием преобразовательной техники, т. е. техники преобразования переменного тока в постоянный и обратного преобразования, известного под названием инвертирования тока.

Освещая основные этапы на пути развития в нашей стране ионного и полупроводникового приборостроения, а также электрических устройств, в которых такие электронные приборы применяются в промышленности, мы в настоящем очерке не затрагиваем истории развития: 1) электронных ламп, диктовавшегося главным образом нарастающими запросами радиотехники; 2) фотоэлектроники, основными этапами развития которой диктовались звуковым кино; 3) электронно-лучевой техники, в том числе рентгентехники, электронной микроскопии и ускорения заряженных частиц, представляющих собой специальные области применения электроники.

## 1. ВЫПРЯМИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА ДО ВЕЛИКОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

В связи с общим низким уровнем развития техники и малыми масштабами электрификации дореволюционной России потребность в выпрямительных устройствах в этот период была весьма мала.

До разработки чл.-корр. АН СССР В. И. Коваленковым в 1909—1910 гг. и проф. М. А. Бонч-Бруевичем (1888—1940 гг.) в 1914—1916 гг. первых опытных образцов электронных ламп, могущих быть использо-

ванными и в качестве маломощных выпрямителей, нужды большинства потребителей постоянного тока удовлетворялись главным образом преобразованием переменного тока в постоянный при помощи электрических машин постоянного тока, а также одноякорных преобразователей.

Лишь в устройствах малой мощности для зарядки аккумуляторных батарей и питания рентгеновских устройств находили себе при-

менение механические выпрямители (принцип действия которых основан на периодическом разрыве цепи при помощи подвижного контакта), а также электролитические выпрямители (принцип действия которых основан на изменении проводимости между электролитом и электродами, выполненными из разных материалов).

Электролитические выпрямители являлись первым типом электрических вентилях, т. е. приборов, способных пропускать ток преимущественно в одном направлении при подведении к ним переменного напряжения.

На первых ступенях развития электрических вентилях вставала задача добиться достаточно совершенного выпрямления хотя бы малых напряжений и токов и, кроме того, найти такие электрические схемы, которые позволили бы получить достаточно хорошую форму кривых выпрямленного тока и напряжения. Все последующее развитие выпрямительной техники шло под знаком совершенствования приборов и одновременно схем выпрямления тока.

Пионерские исследовательские работы по выпрямителям концентрировались в дореволюционной России преимущественно в лабораториях высших учебных заведений (Политехнический и Электротехнический институты в Петербурге), а также в отдельных ведомственных лабораториях (лаборатория морского ведомства), поскольку промышленности по приборам, предназначенным для выпрямления тока, еще не существовало.

Первые работы по исследованию свойств электролитических выпрямителей развивал в Петербургском политехническом институте акад. В. Ф. Миткевич. Усовершенствованию электролитических алюминиевых выпрямителей и развитию схем их включения был посвящен первый доклад Миткевича, прочитанный им на заседании Русского электротехнического общества 7/XI 1900 г., опубликованный затем в № 2 журнала «Электричество» за 1901 г. [Л. 1].

Особенно важными работами Миткевича [Л. 3, 4, 6, 8 и 9] были его исследования по физической природе электрической дуги. Эти работы явились продолжением опытов В. В. Петрова, впервые исследовавшего явления электриче-

ского разряда как на открытом воздухе, так и в разреженном газе (воздухе) в закрытом стеклянном сосуде [Л. 15]. Кроме выводов, имеющих самостоятельную научную ценность, как, например, проверка отношения заряда к массе электрона, В. Ф. Миткевичем была впервые выявлена возможность получить эффект выпрямления тока с помощью электрической дуги при несимметричном выполнении электродов.

В этих работах был установлен и ряд других практически важных соотношений, как например, возможность получить дугу при малых напряжениях, повышение устойчивости дуги при подогреве одного из электродов и т. п.

Работы Миткевича по электрической дуге, способствовавшие выявлению ряда дополнительных свойств, характерных для дуги Петрова, были удостоены в 1907 г. премии А. С. Попова.

Занимаясь исследованиями природы вентильного действия в электролитических выпрямителях и дуге, Миткевич одновременно создавал и новые схемы включения вентилях и проводил анализ режимов работы электрических цепей с вентилями. Так, в 1901 г. им впервые были опубликованы [Л. 1] схемы выпрямления однофазного и трехфазного тока, известные в настоящее время под названием схем с нулевым выводом.

Работы по исследованию схем выпрямления тока при различных видах нагрузки были продолжены А. А. Гершуном, опубликовавшим в журнале «Электричество» за 1901 г. [Л. 2] результаты проведенного им исследования о влиянии индуктивности на форму кривой выпрямленного тока.

Дальнейшие исследования по схемам выпрямления тока были проведены акад. Н. Д. Папалекси, изучавшим в 1911 г. режим работы одно- и двухполупериодных схем выпрямления тока в связи с появлением первых электронных вентилях — кенотронов. Работа Папалекси лежит в основе существующей теории преобразовательных схем.

Заметного развития, однако, последний тип выпрямителей вначале не получил в связи с общим крайне низким состоянием электровакуумной техники в дореволюционной России.

## 2. ИОННО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ И ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ТЕХНИКА ПОСЛЕ ВЕЛИКОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Запросы на приборы, выпрямляющие ток, появились уже в первые годы Советской власти в связи с началом развития радиосвязи и радиовещания в нашей стране.

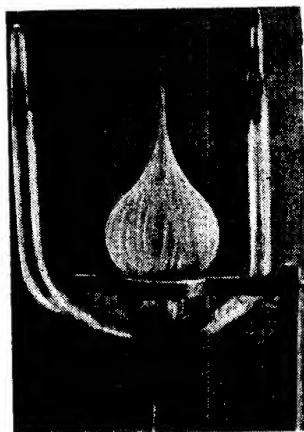
Для питания постоянным током радиоприемных устройств нужны были выпрямляющие ток маломощные электронные лампы — кенотроны, а для питания радиопередатчиков нужны были мощные (ртутные) высоковольтные вентили. Зарядные (аккумуляторные) устройства нуждались в экономичных источниках питания, роль которых с успехом могли выполнять ионные приборы с накаливаемым катодом (газотроны и тиратроны), а для систем сигнализации и автоблокировки на железных дорогах понадобились устойчивые к атмосферным воздействиям и не требующие систематического ухода полупроводниковые вентили и приборы с холодным катодом. Таким образом, уже с первых лет восстановления и развития народного хозяйства в Советском Союзе понадобились и нашли себе применение все основные типы вентилях: 1) ртутные; 2) приборы с накаливаемым и холодным катодом и 3) полупроводниковые приборы. В связи с разными условиями производства и применения их развитие шло независимыми путями, в связи с чем они и рассматриваются ниже отдельно.

### а) ВЕНТИЛИ С РТУТНЫМ КАТОДОМ И СХЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТОКА

К моменту организации Нижегородской радиолaborатории, созданной по инициативе В. И. Ленина декретом СНК от 2 декабря 1918 г. с целью быстрее развития радиовещания в нашей стране питание радиопередатчиков постоянным током высокого напряжения могло осуществляться либо от высоковольтных машин постоянного тока, крайне ненадежных в работе, либо при помощи известных лишь из литературных источников [Л. 13—15] ртутных вентилях. Такие вентили на невысокое напряжение строились отдельными европейскими фирмами за рубежом (Элин в Австрии, Филлипс в Голландии, Сименс в Германии). Но секретами производства и деталями технологии, составляющими основную трудность их освоения, такие фирмы не только не хотели делиться с коммунистической Россией, но даже не хотели продавать

образцов своей продукции стране, находящейся в экономической и политической блокаде. Поэтому все разработки, связанные с освоением первых, притом высоковольтных, типов стеклянных ртутных вентилях на напряжение 3—6 кВ и токи до 3—5 а (фиг. 1), были выполнены собственными силами в Нижегородской радиолaborатории под руководством чл.-корр. АН СССР В. П. Вологодина [Л. 22].

Первая высоковольтная выпрямительная установка на 4 кВ и ток 3 а со стеклянными вентилями, изготовленными в Нижегородской



Фиг. 1. Высоковольтная колба, построенная в 1921 г. в Нижегородской радиолaborатории.



Фиг. 2. Высоковольтная колба на 12 000 в, 6 а, изготовленная в Нижегородской радиолaborатории.

радиолaborатории, была осуществлена в 1921 г. на Свердловской радиостанции [Л. 22].

В 1922—1923 гг. на питание от высоковольтных ртутных выпрямителей была переведена и радиовещательная станция имени Коминтерна, где было установлено выпрямительное устройство с напряжением 8 кВ и мощностью 16 кВт.

Для возможности дальнейшего повышения выпрямленного напряжения на радиопередаточных устройствах, что диктовалось стремлением повысить к. п. д. генераторных ламп и колебательных контуров, Вологодиным была предложена и оформлена авторской заявкой от 18/VIII 1921 г. [Л. 117] схема каскадного включения двух вторичных обмоток трансформатора, каждая из которых питает свой ртутный вентиль. Патент на каскадную схему за

№ 777 был выдан В. П. Вологдину 15/IX 1924 г.

Введение каскадной схемы позволило повысить выходное напряжение выпрямительного устройства на Ленинградской радиовещательной станции, сооруженной в 1924—1925 гг. до 12 кв при повышении общей мощности выпрямительной установки до 60 квт. Колба, примененная в установке, показана на фиг. 2.

Наиболее мощный узел питания со стеклянными высоковольтными ртутными вентилями был сооружен на Свердловской радиостанции в 1926—1927 гг. с доведением мощности установки до 120 квт.

В связи с расширением сети радиостанций, узлы питания которых необходимо было снабдить ртутно-выпрямительными устройствами высокого напряжения, Государственным электротехническим трестом заводов слабого тока было организовано в 1925 г. на Ленинградском электровакуумном заводе (на Лопухинке) под руководством акад. С. А. Векшинского и К. В. Стахорского производство высоковольтных ртутных вентилях на напряжения 3 000 и 6 000 в и токи 4 и 6 а (типы ЗВН-4-3000 и ЗВН-6-6000). Эти вентили строились по разработкам, проведенным чл.-корр. АН СССР В. П. Вологдиным [Л. 16]. Одновременно с высоковольтными ртутными вентилями там же было поставлено производство низковольтных стеклянных ртутных вентилях.

Полное свое развитие производство стеклянных низковольтных и высоковольтных ртутных

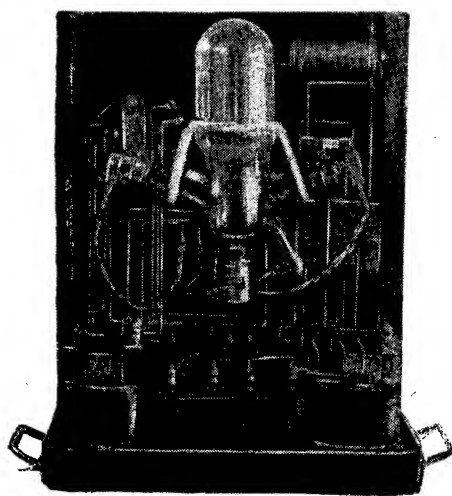
вентилей получило при слиянии ленинградского Электровакуумного завода (на Лопухинке) с ленинградским заводом «Светлана». Здесь под руководством Н. Ф. Горюнова и Н. Э. Крима было поставлено серийное производство низковольтных вентилях с напряжением до 250 в и токами в одной колбе до 100 а (тип ЗАН-100) и высоковольтных вентилях с максимальным напряжением до 15 000 в (тип ЗВН-15000), а также серийное производство (при участии В. М. Вятских, Д. А. Волкова, С. И. Слесарева и К. И. Бухарина) комплектов распределительных устройств, содержащих помимо ртутного вентиля питающий автотрансформатор и всю аппаратуру собственных нужд (фиг. 3).

Дальнейшие запросы на более мощные типы металлических вентилях появились в первые же годы существования Ленинского плана электрификации России (ГОЭЛРО), принятого VIII Всероссийским съездом Советов в декабре 1920 г.

При централизованном производстве электрической энергии на переменном токе те из потребителей, которые нуждались по режиму работы в постоянном токе (электрохимия, транспортные и грузоподъемные установки и т. п.), вынуждены были пользоваться либо преобразователями машинного типа (двигателями-генераторами и одноякорными преобразователями), либо импортировавшимися из Западной Европы ртутными выпрямителями.

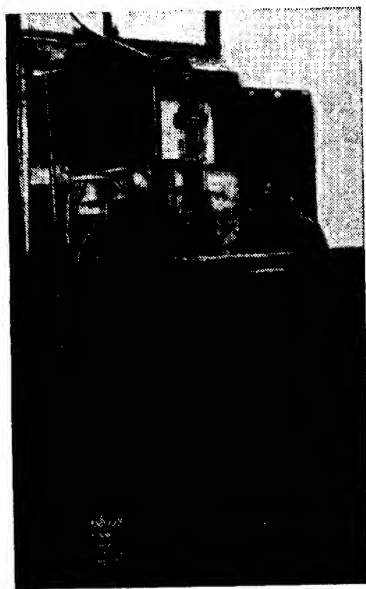
Секретом производства металлических вентилях владели с 1914—1916 гг. швейцарская фирма Броун-Бовери [Л. 12 и 13], имевшая свой филиал в Германии [Мангейме], и организовавшие с 1923—1924 гг. производство металлических ртутных выпрямителей немецкие фирмы АЭГ и Сименс, а также австрийская фирма Элин. Американские электротехнические фирмы (несмотря на то, что первый патент на ртутные вентили был выдан в США Купер-Хьюиту в 1901 г.) не освоили производства металлических ртутных вентилях вплоть до 1933 г. и заменяли ртутные выпрямители менее экономичными двигателями-генераторами и одноякорными преобразователями.

Инициативу создания первого отечественного типа металлического ртутного вентиля взял на себя в 1924—1925 гг. дипломант Ленинградского политехнического института В. К. Крапивин [Л. 17], создавший при содействии и помощи завода «Электросила» (где делалась дипломная работа) первый опытный экземпляр треханодного металлического ртут-

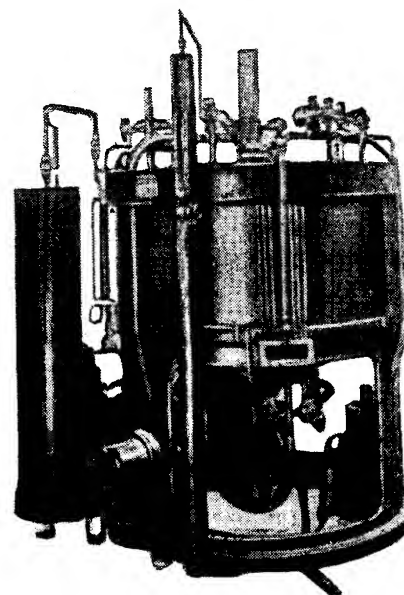


Фиг. 3. Комплексное ртутно-выпрямительное устройство со стеклянным вентиляем завода «Светлана».





Фиг. 4. Первый опытный образец треханодного ртутного вентиля на 200 а.



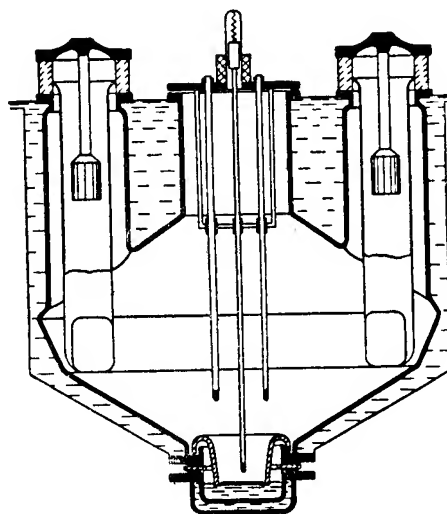
Фиг. 5. Первый ртутный вентиль типа RB-5 (ток 500 а при напряжении 600 в).

ного вентиля (фиг. 4). Создание такого вентиля требовало глубоких знаний физических явлений, связанных с горением электрической дуги в вакууме, и овладения совершенно новыми технологическими процессами по созданию и поддержанию вакуума внутри вентиля.

После проверки на опытном экземпляре принципа и надежности работы ртутного выпрямителя закончившему Политехнический институт Крапивину было поручено заводом «Электросила» организовать бюро, а затем и отдел по ртутным выпрямителям, в состав которого вошли И. Н. Фалеев, Л. М. Клячкин, Я. Л. Михелис и др.

Первый опытно-промышленный тип шестианодного выпрямителя, построенный в 1926 г. бюро ртутных выпрямителей завода «Электросила» на ток 500 а и напряжение 600 в (фиг. 5 и 6), был установлен [Л. 19] на ленинградской трамвайной подстанции в д. Мурзинка.

Ртутный металлический вентиль получил составное обозначение RB-5, в котором число после тире определяет число сотен ампер, пропускаемых выпрямителем при рабочем напряжении 600 в. Такой способ маркировки сохранился для ртутных выпрямителей вплоть до Великой Отечественной войны, когда наряду с многоанодными вентилями появились одноанодные.



Фиг. 6. Разрез ртутного вентиля типа RB-5.

Подстанцией, оборудованной целиком первыми советскими ртутными вентилями типа RB-5, являлась также тяговая подстанция на ст. Княжево Ораниенбаумской железной дороги.

После испытания в 1926 г. ртутного вентиля типа RB-5 завод «Электросила» перешел на малосерийный выпуск выпрямителей с вентилями типа RB-5. Для комплектности поставок заводу «Электросила» необходимо было

разработать и освоить производство не только всей вакуумной аппаратуры и аппаратуры собственных нужд, входящих в вентильный комплект, но и специальные типы выпрямительных трансформаторов, а также быстродействующий автомат постоянного тока, необходимый для защиты ртутных вентилях и трансформаторов от длительных перегрузок при аварийных режимах.

Разработку требующихся трансформаторов провел М. А. Асташев, а первый быстродействующий выключатель был разработан Крапивиним и Л. Г. Рашковским. В дальнейшем разработка автоматов велась А. И. Голубевым.

Подготовка, проведенная заводом «Электросила» к 1928 г. по комплектному выпуску ртутно-выпрямительных агрегатов, позволила уже в первую пятилетку, проводимую по плану, утвержденному XVI партконференцией в апреле 1929 г., сильно уменьшить число импортируемых из-за границы ртутно-преобразовательных установок и вместе с тем заметно разгрузить электропромышленность от производства трудоемких и менее экономичных преобразовательных агрегатов машинного типа (двигателей-генераторов и одноякорных преобразователей).

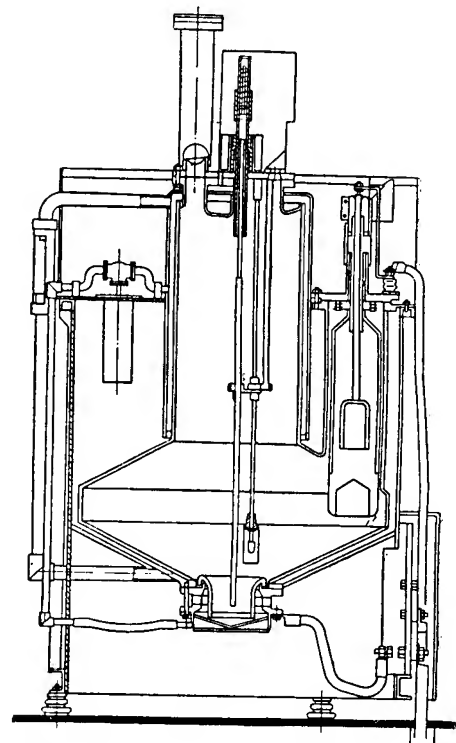
Спрос на ртутные выпрямители предъявлялся в годы первой пятилетки индустриализацией страны главным образом со стороны городского электротранспорта в связи с восстановлением и расширением всех коммунальных предприятий крупных городов и промышленных центров нашей страны и промышленных предприятий, особенно черной металлургии и металлообрабатывающих предприятий, на которых необходимо было восстановить внутризаводской транспорт и обеспечить источниками питания грузоподъемные устройства, работающие на постоянном токе.

Намеченная первым пятилетним планом электрификация пригородных участков Московского железнодорожного узла на Северной и Казанской железных дорогах на постоянном токе также требовала применения ртутных выпрямителей. Если для удовлетворения нужд первых двух названных групп потребителей нужно было иметь выпрямители на напряжении до 600 в, то для электрификации пригородных участков железных дорог требовалось уже иметь выпрямители на 1 650—3 300 в.

Одновременно с ростом напряжения необходимо было повышать и нагрузочные токи вентилях в связи с быстрым нарастанием требующейся установленной мощности у потреби-

телей постоянного тока. Заводу «Электросила», освоившему в 1928 г. производство ртутных вентилях только на 500 а и 600 в, необходимо было в связи с этим добиться в кратчайший срок расширения нагрузочной способности выпрямителей как по току, так и по напряжению.

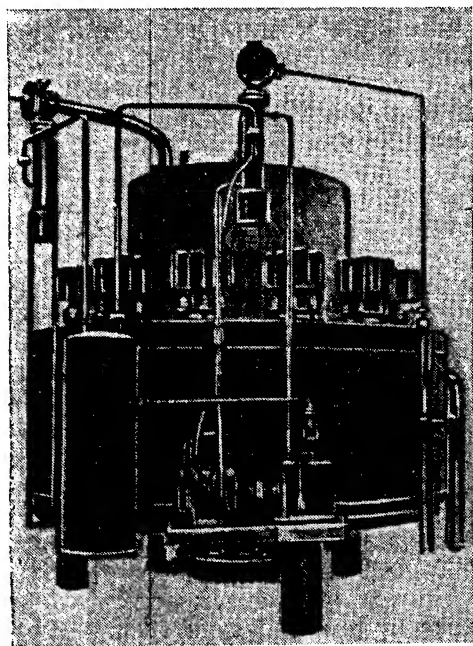
Решение такой задачи представляло большие трудности, поскольку ртутные вентилях в силу процессов, им свойственных, допускают тем меньшее рабочее напряжение, чем больше в них рабочий ток. При превышении допусти-



Фиг. 7. Разрез ртутного вентиля типа РВ-10.

мых границ по напряжению происходит нарушение режима работы вентилях, известное под названием обратного зажигания.

Для того чтобы добиться повышения параметров вентилях и по току и по напряжению, заводу пришлось проводить одновременно с конструктивной разработкой ряд глубоких исследований физических явлений, связанных с вероятностью появления обратных зажигания [Л. 21]. Эти исследования не только помогли заводу добиться качественного повышения режима работы вентилях типа РВ-5, но и перейти к разработке следующих по мощности типов вентилях.

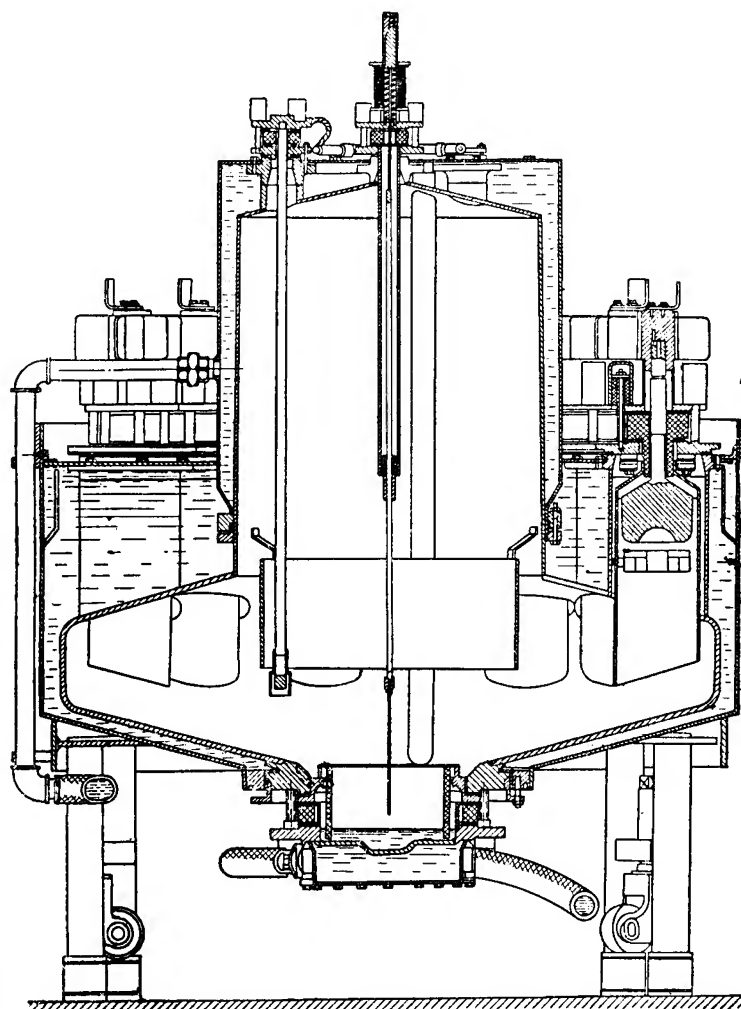


Фиг. 8. Ртутный вентиль типа RB-20.

После доведения выпрямителя типа RB-5 до полных проектных параметров (тока 500 а при напряжении 600 в) и разработки всех узлов вакуумной системы завод приступил в начале 1929 г. [Л. 20] к производству следующего по мощности ртутного выпрямителя, рассчитанного на ток 1 000 а при том же напряжении 600 в (тип RB-10). Первые промышленные экземпляры таких выпрямителей (фиг. 7) были выпущены уже в 1929 г. и установлены на трамвайных подстанциях в Москве, затем в Тбилиси и других городах Советского Союза [Л. 122].

На базе освоения в производстве и эксплуатации вентилей типа RB-10 завод разработал в 1930 г. еще более мощный тип 12-анодного ртутного вентиль. Этот тип вентиль получил маркировку RB-20 (фиг. 8 и 9), что определялось номинальным током вентиль 2 000 а при напряжении 600 в. Одновременно с разработкой типов вентилей по возрастающей шкале мощности совершенствовалась и надежность работы приборов в режиме их эксплуатации.

Освоение производства и серийного выпуска заводом «Электросила» указанных выше типов выпрямителей на токи до 2 000 а привело к быстрому вытеснению из производства машинных агрегатов, монополюно применявшихся



Фиг. 9. Разрез ртутного вентиль типа RB-20.

ранее в качестве преобразователя переменного тока в постоянный и к освобождению страны от необходимости импорта выпрямителей на рабочие напряжения до 600 в.

Только на первых двух подстанциях электрифицируемого участка на Северной железной дороге (Москва II и Мытищи), сооруженных в 1929 г., установлены ртутные выпрямители швейцарской фирмы ВВС. Вторые две подстанции этой дороги (в Пушкино и Щелково), сооруженные в 1931—1932 гг., оборудовались уже выпрямителями отечественного производства. Здесь были установлены ртутные вентили типа RB-20 на ток 800 а при напряжении 1 650 в.

Успешному решению заводом «Электросила» в быстро нарастающем темпе задач расширения номенклатуры ртутных вентилях с доведением напряжения до 1 650 в и мощности до 1 500 кВт в единице способствовали те физические исследования, которые проводились в ртутно-выпрямительной лаборатории завода «Электросила», а также начали проводиться в ленинградских Политехническом и Электротехническом институтах, а также в электровакуумных лабораториях Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ) имени В. И. Ленина. Для того чтобы подчинить ведение таких работ общему плану, в ВЭИ была создана под руководством чл.-корр. АН СССР К. А. Круга в 1931—1932 гг. лаборатория постоянного тока с подчинением ей и тех физических исследований по тематике этой лаборатории, которые продолжались в электровакуумном отделе ВЭИ. Одновременно с ростом технических показателей ртутных вентилях по току, напряжению и мощности развивались силовые схемы питания вентилях, а также системы вспомогательных нужд. В 1932 г. были разработаны новые типы вакуумных насосов вращательного и диффузионного типов.

Первые типы трансформаторов, изготавливавшихся вначале в цехах завода «Электросила», выполнялись по схеме звезда — двойной зигзаг, а в последующем большинство типов трансформаторов строилось по схеме с уравнительной катушкой. К концу первой пятилетки производство мощных трансформаторов для ртутных выпрямителей перешло на Московский трансформаторный завод (МТЗ).

Проведение в жизнь решений XVII партийного съезда о завершении во второй пятилетке технической реконструкции народного хозяйства СССР потребовало от работников заводов и научно-исследовательских институтов, занятых производством и совершенствованием новых приборов, решить задачу по оснащению важнейших отраслей народного хозяйства — машиностроения, черной и цветной металлургии, а также электрифицируемого транспорта еще более мощными и совершенными по своим характеристикам преобразовательными агрегатами.

Так, для оснащения вновь сооружаемых в Москве подстанций метрополитена нужно было создать ртутные вентиля, которые могли бы при введении в строй линий 1-й очереди обеспечить ток порядка 1 600—1 800 а в единице при напряжении 825 в. Эта задача была решена заводом «Электросила» путем коренной

модернизации ртутных вентилях типа РВ-20 до создания новых, более мощных типов вентилях. Модернизированными вентилями типа РВ-20, обеспечившими ток в единице 1 700 а при напряжении 850 в, были оборудованы в 1934 г. четыре подстанции 1-й очереди метро: Центральная, Сокольническая, Красноворотская и Крымская.

Значительное расширение объема электрификации пригородных железных дорог и начало электрификации согласно второму пятилетнему плану магистральных железных дорог потребовали перехода на более высокое напряжение в контактном проводе (3 300 в). Решение такой задачи лимитировалось главным образом тем уровнем напряжений, которые могли обеспечить ртутные вентиля (без каскадного их соединения). В связи с этим основной задачей завода «Электросила» в 1933 г. являлось доведение напряжения ртутных вентилях типа РВ-20 до 3 300 в [Л. 32]. Эту задачу удалось решить коренным изменением конструкции анодного узла путем усиления экранировки анода от притока к нему остаточных ионов после гашения дуги.

В 1934 г. было налажено серийное производство таких вентилях и тем самым была обеспечена не только электрификация пригородного участка Казанской железной дороги в 1934 г., но и подготовлена техническая база для начала электрификации в 1935 г. Закавказской железной дороги на участке Тбилиси—Хашури, Сталинской—на участке Запорожье—Долгинцево, Пермской—на участке Свердловск—Гороблагодатская и Кировской—на участке Кандалакша—Кировск.

Необходимо отметить, что процесс введения новых типов вентилях в нормальную эксплуатацию был связан с большими трудностями и издержками. Вентиля давали вначале большое число обратных зажиганиях, что приводило к большим перенапряжениям и выходу из строя трансформаторов. Причина трудного вхождения выпрямителей в эксплуатацию и необходимость их доработки в процессе самой эксплуатации объясняются тем, что в заводских условиях вентиля не могли быть проверены на полную рабочую мощность в силу недостаточной мощности испытательных стенов и специфических условий нагрузки вентилях при их работе в условиях питания магистральных участков железных дорог.

Детальное изучение причин, вызывавших неполадки в работе ртутных вентилях, позволило не только найти методы устранения недостат-

ков, но и определило конструктивные пути дальнейших разработок.

Это касалось не только вентилях, но и трансформаторов, а также систем защиты выпрямительных установок от аварийных режимов.

Анализ причин, вызывавших аварии трансформаторов, показал, в частности, что выпрямительные трансформаторы должны проектироваться на значительно большие электродинамические усилия, чем силовые трансформаторы обычного типа. Коренной переработкой конструкции выпрямительных трансформаторов занялся в 1934—1935 гг. МТЗ, который добился значительных успехов в этом направлении. Трансформаторы последующих выпусков стали значительно менее чувствительными к обратным зажиганиям, чего удалось достигнуть в результате исследований и разработок, проведенных проф. Г. Н. Петровым, Э. А. Манькиным и Н. Ю. Корсуном.

Для защиты вентилях от чрезмерных токов, развивающихся внутри вентилях при обратных зажиганиях, кроме введения более совершенных быстродействующих автоматов системы А. И. Голубева, вентилях начали снабжаться управляющими сетками, свойства которых были в начальной стадии изучены в работах, проведенных в лаборатории постоянного тока ВЭИ [Л. 25, 27 и 34].

Внесение в ртутные вентилях сеток, позволяющих задержать зажигание дуги на любой отрезок времени в пределах периода переменного напряжения, явилось серьезным фактором технического прогресса в ртутно-выпрямительной технике, так как обеспечивало быстродействующее регулирование напряжения и открыло путь для возможности использования ртутных вентилях с сетками при работе не только в качестве выпрямителей но и инверторов тока, принцип которых был впервые предложен акад. А. А. Чернышевым [Л. 176].

Изучению физических свойств сеток [Л. 25, 27, 30, 34, 136 и 139], а также созданию и усовершенствованию систем сеточного управления вентилями было уделено много внимания на заводе «Электросила» и в лаборатории ртутных выпрямителей ВЭИ.

Подробное исследование инверторных режимов впервые было проведено на экспериментальных стендах в ВЭИ И. Л. Кагановым и М. И. Котылевым [Л. 129, 130 и 133].

Первые практические запросы на инвертирование тока возникли уже к началу второй пятилетки в связи с необходимостью решить

проблему рекуперации (возврата в сеть энергии от идущего под уклон поезда) на первых электрифицированных участках Закавказской железной дороги (Хашури — Зестафони и Зестафони — Самтредиа), но в связи с неподготовленностью технической базы (отсутствием надежно работающих ртутных вентилях с сетками и недостаточной разработкой систем инвертирования постоянного тока в трехфазный) электрификация названных участков проводилась путем установки на тяговых подстанциях импортных двигателей-генераторов.

Однако уже в 1935—1936 гг. лаборатория ртутных выпрямителей ВЭИ приняла и провела первую разработку технической системы преобразования постоянного тока в однофазный для возможности рекуперации энергии на первом опытном типе магистрального электровоза, разработанном на заводе «Динамо» при участии Б. Н. Тихменева и Л. М. Трахтмана.

Ртутный вентиль специальной конструкции типа РВ-20/Э для данного электровоза на напряжение 1 500 в и мощность 2 000 квт был изготовлен в 1936 г. на заводе «Электросила». Однако в электровозе система рекуперации энергии фактически использована не была.

Для подстанций Московского метрополитена с пуском в эксплуатацию линий 2-й очереди, а также для предприятий цветной металлургии, развитие которой во второй пятилетке было связано с переходом на новый электролитический способ производства таких цветных металлов, как цинк и алюминий, требовались выпрямители на значительно большие токи, чем это соответствовало производству завода «Электросила».

В связи с этим во втором пятилетнем плане развития народного хозяйства СССР было записано, что электропромышленность должна обеспечить ртутными вентилями и другим сложным оборудованием качественную и цветную металлургию.

Разработка ртутного выпрямителя, удовлетворяющего по мощности запросам цветной металлургии (цинка, алюминия), началась в 1935 г. Это был выпрямитель типа РВ-70, первоначально рассчитывавшийся на ток 5 000 а при напряжении 825 в.

Вентили с такими же примерно параметрами нужны были также для Центральной подстанции Московского метрополитена, мощность которой после введения в эксплуатацию линий 2-й очереди возросла больше, чем мощность других подстанций. Для других, менее нагруженных радиальных подстанций требовался

выпрямитель с мощностью промежуточной между теми, которые могли дать РВ-20 и РВ-70. Такой выпрямитель (тип РВ-40) с номинальным током 2 900 а при напряжении 825 а с управляющими сетками начал разрабатывать и изготовлять завод «Электросила» в 1936 г.

Опытные испытания, проведенные с выпрямителем РВ-70 на Днепровском алюминиевом комбинате в 1936 и 1937 гг., показали, что выпрямители типа РВ-70 не удовлетворяют проектным параметрам по току и напряжению. Максимальный ток, ограниченный: а) возрастающей вероятностью обратных зажигания; б) потерей управляемости сеток и в) возможными разрывами дуги, не удалось поднять выше чем до 3 000—3 500 а при напряжении 825—850 в, т. е. РВ-70 не намного превосходил по нагрузочной способности РВ-40. Это обстоятельство поставило под сомнение возможность продолжения конструктивных разработок мощных типов вентилях по методу подобию без коренного изменения формы корпуса, определяющей расположение анодов в вентилю, по отношению к общему катоду.

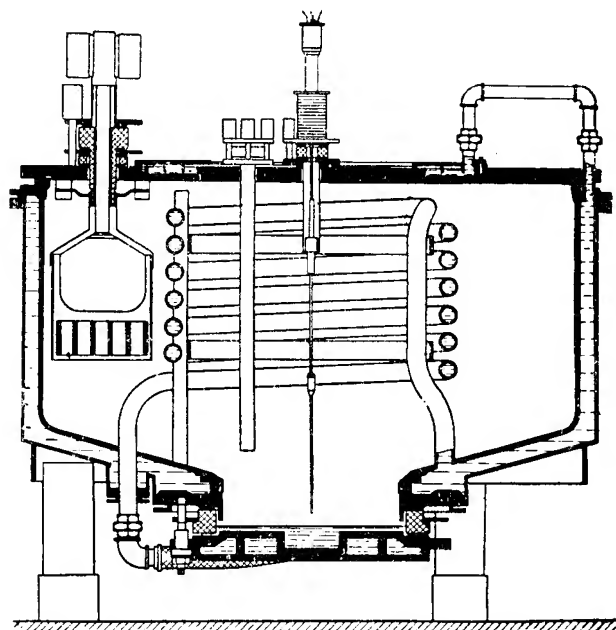
В ранее созданных конструкциях ртутных вентилях, как это можно видеть из фиг. 5 и 8, аноды размещались в отдельных рукавах, надстроенных над конусной центральной частью корпуса вентиля. Это защищало аноды от струй пара и ртутных брызг, но удаляло их от катода, в связи с чем падение напряжения в вентилях росло. Применение подобной же конструкции в вентилях типа РВ-70 привело к непомерному увеличению падения напряжения в дуге и появлению в силу этого ненормальных режимов (каскадного горения дуги), повышению вероятности обратных зажигания и появлению при низких температурах входящей воды разрывов дуги. Все указанное ограничивало нагрузочную способность вентилях по току.

Устраняя поэтому доступные к исправлению недостатки в большой партии вентилях типа РВ-70, серийно изготовленных для Уральского алюминиевого завода, завод «Электросила» одновременно вел изыскательские работы по новым конструктивным формам исполнения корпусов вентилях.

Эти изыскания привели к разработке вентилях с цилиндрическим корпусом. Первым таким вентилям был изготовленный в 1936 г. для эксплуатации на подстанциях метро вентиль типа РВ-40 и позднее аналогичный ему

вентиль типа РВ-30. В новой конструкции (фиг. 10) главные аноды размещены внутри корпуса вентиля при относительно малом удалении их от катода, что обеспечило заметное снижение падения напряжения в дуге и улучшило тем самым все рабочие свойства вентиля.

Успешные испытания на стенде и в пробной эксплуатации на подстанциях метро вен-



Фиг. 10. Разрез ртутного вентиля типа РВ-30.

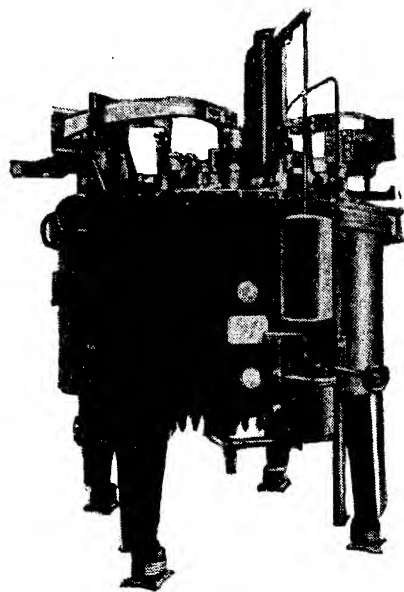
тиля типа РВ-40 подтвердили правильность нового принципа конструирования, в связи с чем взамен РВ-70 начал разрабатываться вентиль типа РВ-50, а в последующем и другие, менее мощные типы вентилях.

Подготовкой к переходу на вентилях с цилиндрическим корпусом, обладающие заметно меньшими габаритами и более высокими техническими показателями, и заканчивается развитие конструктивных типов вентилях во вторую пятилетку.

Основное положение, сформулированное в решении XVIII съезда партии «Догнать и перегнать также в экономическом отношении наиболее развитые капиталистические страны Европы и Соединенные штаты Америки, окончательно решить эту задачу в течение ближайшего периода времени», определило программу работы предприятий и исследовательских институтов, занятых разработкой и изготовлением ионных приборов и схем преобразования тока.



Перед заводом «Электросила» в начале третьей пятилетки встала прежде всего задача создания ртутных выпрямителей для одного из крупнейших электрохимических предприятий страны — Чирчикского электрохимического комбината. Эта задача была осуществлена созданием нового, наиболее мощного в то время в мире ртутного вентиля типа РВ-50 (фиг. 11) на напряжение 1 500 в и ток 2 750 а.



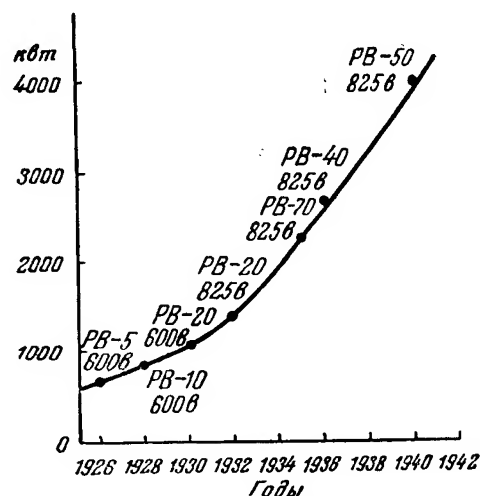
Фиг. 11. Ртутный выпрямитель типа РВ-50.

Осуществленный на новых принципах конструирования, этот вентиль не только успешно прошел все стадии предварительных испытаний, но и хорошо зарекомендовал себя в эксплуатации в течение всех последующих лет его работы.

В связи с преимуществами цилиндрической конструкции вентиля завод модернизировал в 1939—1940 гг. серию менее мощных вентилях типа РВ-5 (РВ-10), выполнив их также с цилиндрическим корпусом, и выпустил в 1940 г. малую серию вентилях типа РВ-30 [Л. 76].

Развитие алюминиевой промышленности в третью пятилетку определялось увеличением производства алюминия в 4 раза. В связи с этим были построены новые цехи на Уральском и Днепровском алюминиевых заводах и новые заводы на Волхове и в Кандалакше.

Поставка ртутных вентилях для этих заводов была выполнена заводом «Электросила», причем для подстанции Уральского алюмине-



Фиг. 12. Кривая роста мощности в одном ртутном вентиле до начала Отечественной войны.

вого завода были поставлены вентилях типа РВ-70, изготовленные ранее, а для других заводов — вентилях типа РВ-50.

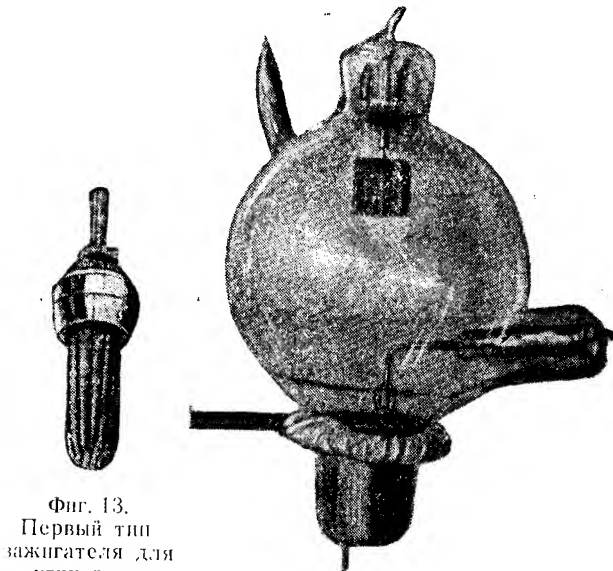
Выпуском и введением в промышленную эксплуатацию металлических ртутных выпрямителей типа РВ-50 закончился один из больших этапов в довоенном развитии металлического ртутного выпрямительного строения.

За прошедшие с момента постановки производства ртутных выпрямителей на заводе «Электросила» 13—14 лет техника ртутного вентиляльного строения, несмотря на то, что она создавалась совсем заново и развитие ее было связано с преодолением больших трудностей, была доведена до столь высокого уровня, что по техническим показателям в конце указанного периода продукция не уступала наиболее совершенным образцам зарубежной техники. Рост мощности вентилях по годам иллюстрируется диаграммой на фиг. 12. Такие успехи были достигнуты благодаря непрерывно совершенствовавшимся конструктивным разработкам, опиравшимся на исследования, проводившиеся как в лаборатории завода «Электросила», так и в лаборатории ртутных выпрямителей ВЭИ и др.

Рост общей мощности выпрямительных установок и мощности в единице потребовал значительного расширения номенклатуры типов выпрямительных трансформаторов, а также значительной концентрации мощности в одной трансформаторной единице. Так, мощность трансформатора, питающего ртутно-выпрямительный агрегат, состоящий из двух вентилях

типа РВ-70 либо РВ-50, достигла 9 000—10 000 *кв*а.

Выполнение трансформаторов со столь высокой механической прочностью, которая требовалась непрерывно нарастающими (с повыше-



Фиг. 13.  
Первый тип  
зажигателя для  
игнитрона  
изготовления  
ВЭИ.

Фиг. 14. Первый стеклянный игнитрон  
изготовления ВЭИ.

нием мощности) электродинамическими усилиями, а также выпуск мощных автотрансформаторов с регулировкой напряжения под нагрузкой требовали также значительных работ и исследований. Они были выполнены на Московском трансформаторном заводе, ставшем основным поставщиком выпрямительных трансформаторов в годы второй и третьей довоенных пятилеток, а также частично в ВЭИ.

Наряду с развитием многоанодных вентиля с постоянно горящей дугой возбуждения вторая пятилетка в технике ртутного вентилестроения ознаменовалась разработкой и освоением в производстве новых типов одноанодных вентилях, получивших в связи с иной системой зажигания вспомогательной дуги в них название игнитронов.

В отличие от обычного ртутного вентиля, где вспомогательная дуга (дуга возбуждения) горит непрерывно, обеспечивая автоматическое формирование дуги на главных анодах, зажигание вспомогательной дуги в игнитроне имеет место перед каждым зажиганием главной дуги. Такое периодическое зажигание главной дуги, заметно упрощающее конструкции ртутных вентилях, стало возможно благодаря осуществленной в игнитронах новой системе за-

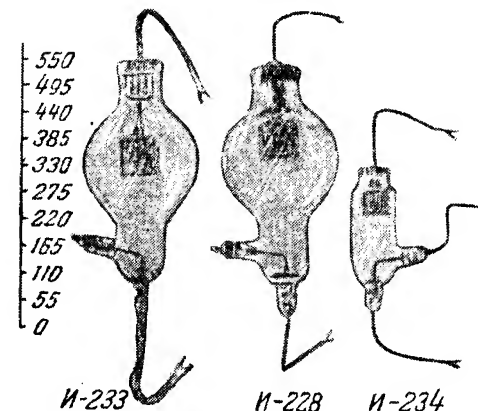
жигания при помощи погруженного в ртуть полупроводникового зажигающего.

Разработки стеклянных игнитронов начались одновременно в 1934 г. в ВЭИ [Л. 93] и на заводе «Светлана» [Л. 92]. Центральным звеном этих разработок являлся полупроводниковый (карборундовый) зажигающий (фиг. 13), технология изготовления которого была впервые разработана в лаборатории ртутных выпрямителей ВЭИ при участии Л. П. Мелешкиной [Л. 93], где и были построены первые опытные экземпляры стеклянного игнитрона (фиг. 14).

Первый опытный экземпляр стеклянного игнитрона, изготовленный А. В. Красиловым и В. Алексеевым на заводе «Светлана», базировался вначале (до освоения производства зажигающих) на карборундовых стержнях, применявшихся в качестве электрических нагревателей.

Серийное производство стеклянных игнитронов, начатое на заводе «Светлана» с 1936 г., базировалось на зажигающих, поставляемых заводу «Светлана» Институтом огнеупоров.

Первые стеклянные игнитроны типа И-228 на токи до 50 *а* при напряжении до 120 *в* изготавливались на заводе «Светлана» с естественным воздушным охлаждением. Следующие типы стеклянных игнитронов (И-233 и И-234), введенные в малосерийное производство в 1938—1939 гг. (фиг. 15), для уменьшения их габаритов и повышения отношения макси-



Фиг. 15. Серия промышленных типов игнитронов  
изготовления завода «Светлана».

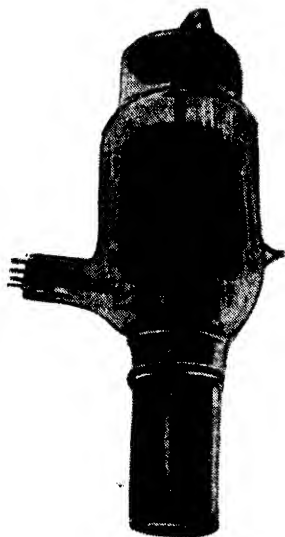
мальных значений (ударных) токов к средним (что для сварочных режимов весьма важно) строились с вентиляторным охлаждением. Обратное напряжение в игнитронах этого типа удалось повысить до 1 000 *в*, что соответствовало в зависимости от схемы включения игни-



тронов рабочим напряжениям 300—500 в. В целях повышения напряжения и мощности игнитронов, что требовалось при использовании их для нужд железнодорожного транспорта, на заводе «Светлана» после освоения производства стеклянных игнитронов с воздушным охлаждением под руководством Ю. Д. Болдыря и А. М. Шерешевского стали разрабатываться стеклянно-металлические игнитроны с водяным охлаждением, а в ВЭИ с тем же охлаждением начали строиться цельно-металлические игнитроны значительно большей мощности.

Первая разработка стеклянного металлического игнитрона с медным катодным стаканом, охлаждаемым снаружи проточной водой (тип И-30/3000), была выполнена Шерешевским [Л. 98] в 1939 г.

Опытные экземпляры этого вентиля (фиг. 16) с обратным напряжением 3 кВ и средним током 30 а явились прототипом для разработанного Болдырем и А. Ф. Смирновым [Л. 100] и выпущенного из производства заводом «Светлана» в следующем году стеклянного игнитрона (тип И-100/5000) с обратным напряжением 5 кВ и средним током 100 а.



Фиг. 16. Стеклянно-металлический игнитрон типа И-30/3000.

Разработкой вентиля с такими параметрами по току и напряжению имелось в виду обеспечить подстанции электрофицируемых железных дорог вентилем запаянного (безнасосного) типа.

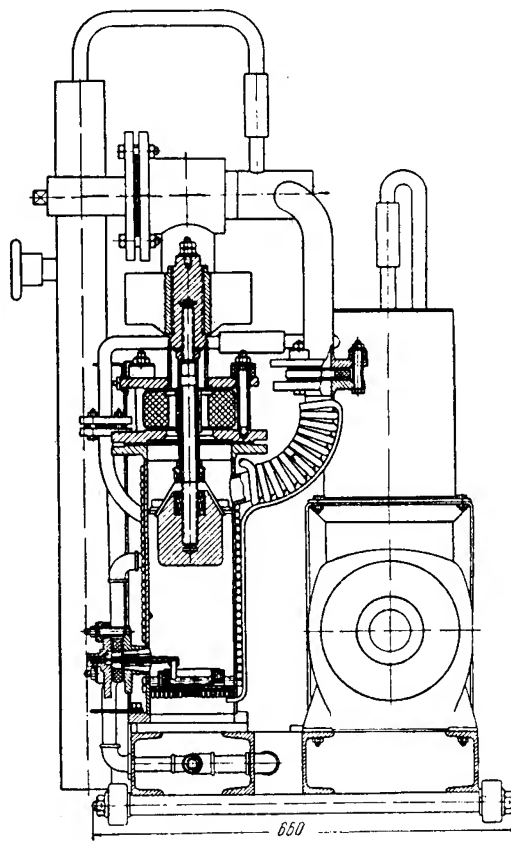
Первая серия таких игнитронов, изготовленная на заводе «Светлана» в 1940 и 1941 гг., была испытана проф. Б. М. Шляпошниковым в лаборатории электрической тяги ЛПИ.

В годы Великой Отечественной войны первой серией таких вентилях был оборудован агрегат питания на Всехсвятской подстанции Пермской железной дороги.

Цельнометаллические игнитроны (фиг. 17), изготавливавшиеся в двухвентильном исполнении в 1938 и 1939 гг. на опытном заводе ВЭИ и допускавшие средний ток нагрузки 200 а, были в 1940 и 1941 гг. установлены для опыт-

ной эксплуатации на сварочных стандах Московского автомобильного завода имени И. В. Сталина.

Относительно ограниченный срок службы игнитронов довоенного производства объяснялся еще недостаточно высоким качеством полупроводниковых зажигающих, используемых в них.



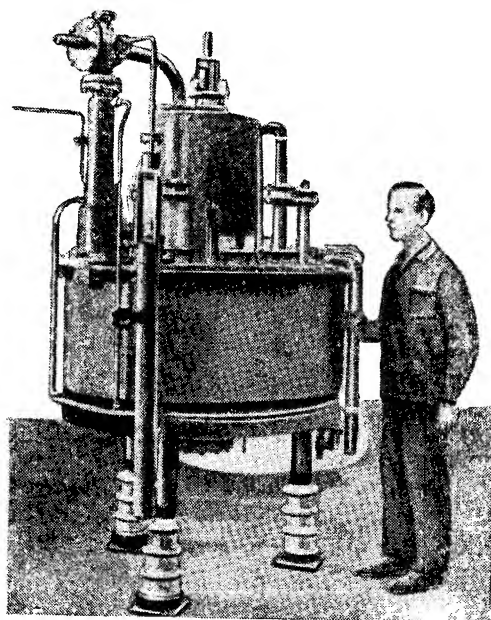
Фиг. 17. Разрез первого металлического двуханодного игнитрона.

Широкое развитие во вторую и третью пятилетки радиовещания в нашей стране и возрастающая при этом мощность радиостанций привели к необходимости замены в узлах питания стеклянных ртутных вентилях мощными газотронами либо тиратронами, а наиболее мощные станции (100 кВт и более) нуждались в металлических высоковольтных ртутных вентилях.

Первые разработки по переводу узлов питания крупной радиостанции на металлические ртутные вентили с напряжением 12 кВ и током 100 а были проведены В. П. Вологдиным и М. А. Спициным в 1935 г. [Л. 40]. Такой вен-

тиль (тип РВ 1/150) с управляющими сетками (фиг. 18) был изготовлен заводом «Электросила»; трансформатор к нему был изготовлен МТЗ, а оснащение вентиля аппаратурой было проведено в Центральной радиолaborатории в Ленинграде под руководством Спицына.

Предварительные испытания вентиля были проведены в ЛЭТИ. Более длительные испытания выпрямителя на полную нагрузку были проведены на радиостанции имени Коминтерна. Хотя первый образец высоковольтного вентиля



Фиг. 18. Первый ртутный выпрямитель типа РВ-1/150 на 12 кв и 100 а.

и не обеспечивал требуемой надежности в работе, тем не менее его разработка помогла направить дальнейшее проектирование высоковольтных вентилях в более правильное русло. Для расширения опыта по конструированию высоковольтных вентилях заводом «Электросила» одновременно с началом в 1939 г. собственных разработок вентилях на 12 кв был передан заказ лаборатории ртутных выпрямителей ВЭИ на разработку вентиля на ток 100 а и напряжение 12 кв. Разработка, проведенная при участии М. И. Гальдина и И. В. Антика, была закончена в 1940 г., и вентиль, испытанный на полную мощность, был принят заводом «Электросила».

Разработка и изготовление малой серии вентилях РВ-1/150 усовершенствованной конструкции была в основном закончена на за-

воде «Электросила» к началу Великой Отечественной войны. Сборка этих вентилях и их комплектование были проведены в годы Великой Отечественной войны (1942—1943 гг.) непосредственно на месте установки их на мощной радиостанции.

К опытным разработкам, проведенным во второй и третьей пятилетках по мощным вентилям других типов, надо отнести:

1. Вентили с магнитным управлением. Разработка таких вентилях проводилась под руководством акад. А. А. Чернышева М. М. Ситниковым [Л. 109, 110, 111]. Такие вентили не вошли в жизнь, так как управляемость вентиля терялась после зажигания дугового разряда.

2. Для получения прототипа вентиля, годного для передачи энергии на далекие расстояния, в ВЭИ под руководством чл.-корр. АН СССР К. А. Круга и проф. Ю. В. Буткевича были начаты в 1939 г. разработки по дуговым вентилям [Л. 113 и 114], по типу аналогичным вентилям, разрабатывавшимся в течение долгого времени Марксом в Германии. Опытные образцы таких вентилях с медными электродами, а также — в качестве возможного варианта — с ртутным катодом были изготовлены и испытаны на схеме замещения в отделе высокого напряжения ВЭИ. В процессе проведения опытных исследований выяснилось 1) что обгар электродов под действием дуги достаточно велик; 2) что нужны специальные устройства для получения строго фиксированного по периоду момента зажигания и 3) что работа вентиля связана с затратой значительной мощности на компрессорные воздуховывные устройства, заметно снижающей к. п. д. устройства.

3. В ВЭИ И. Д. Школиным разрабатывался механический выпрямитель, основанный на принципе синхронного вращения струи жидкой ртути в вакуумном корпусе.

4. В качестве попытки решить по-новому вопрос о генерации постоянного тока высокого напряжения для целей передачи энергии на далекие расстояния заслуживает также быть отмеченным предложенный Г. И. Баба-том и Р. П. Жежериним «Ионно-конвекционный генератор» [Л. 115], принцип действия которого был построен на непосредственном использовании кинетической энергии пара для переноса зарядов из вспомогательной дуги на электроды конденсатора — приемника зарядов. Экспериментальное исследование, проведенное авторами с макетом ионно-конвекцион-

ного генератора и последующая теоретическая обработка результатов исследования показали, что к. п. д. такого генератора принципиально настолько мал, что новый генератор не имеет перспектив конкурировать с существующими типами турбоагрегатов, преобразующих тепловую энергию вначале в механическую, а затем в электрическую.

Кроме больших работ, проведенных во вторую и третью пятилетки по созданию широкой номенклатуры ионных приборов, нашедших широкое практическое применение, в эти же годы проводились работы по дальнейшему совершенствованию преобразовательных схем.

Одним из важнейших этапов в совершенствовании схем явилась разработанная в 1923 г. чл.-корр. АН СССР А. Н. Ларионовым [Л. 118] трехфазная мостовая схема (патент № 765582), получившая впоследствии весьма широкое применение в преобразовательных установках.

С вхождением в жизнь ртутных вентилях с управляющими сетками возникла острая необходимость искать путей к улучшению коэффициента мощности, так как в управляемых сетках установках коэффициент мощности становится тем ниже, чем больше угол регулирования.

Первые такие схемы с так называемым нулевым анодом были предложены в 1933 г. доктором техн. наук Г. И. Бабатом [Л. 124 и 126].

Введением добавочного (нулевого) анода в схему имелось в виду ограничить прохождение тока через главные вентили положительным полупериодом питающего напряжения. Это вносит некоторое улучшение в коэффициент мощности, но эффект улучшения сохранил свою значимость только при малом числе фаз выпрямления тока.

Более радикальным явилось предложение Бабата и Я. А. Кацмана [Л. 226] о переходе на искусственную коммутацию тока в вентилях с использованием для этого конденсаторов либо высокой частоты. Непосредственные варианты схем, предложенные авторами, обладали тем недостатком, что базировались на практически неприемлемых схемах силового питания вентилях.

Дальнейшее совершенствование схем с искусственной коммутацией тока в установках (выпрямителях и инверторах), работающих при обычно принятых схемах силового питания вентилях, были предложены и оформлены авторскими заявками [Л. 161, 164 и 165] И. Л. Кагановым.

Схемы ионного привода постоянного и переменного токов были разработаны Ф. И. Бутаевым и Е. Л. Эттингером [Л. 142 и 145]. Наибольшего внимания заслуживает оформленная авторской заявкой схема вентильного каскада [Л. 157].

Первые варианты схем преобразователей частоты для регулирования скорости вращения асинхронных двигателей были предложены и оформлены авторской заявкой [Л. 149] проф. Д. А. Завалишиным. В 1934—1938 гг. разными авторами также был разработан ряд вариантов схем вентильных двигателей, но практического применения эти двигатели не нашли в связи с низким использованием нагрузочной способности обмоток двигателей во всех предложенных вариантах схем.

Развитие теории схем выпрямления тока в довоенный период было продолжено работами чл.-корр. АН СССР К. А. Круга — ЭНИИ [Л. 138], проф. М. А. Чернышева — ЦНИИ МПС [Л. 155], проф. И. Л. Каганова — ВЭИ, МЭИ [Л. 38], а в послевоенный период — работами акад. М. П. Костенко, чл.-корр. АН СССР Л. Р. Неймана и Г. Б. Блудзевича — ЛПИ [Л. 167], А. М. Утевского — ЭНИИ [Л. 172], проф. Ю. Г. Толстова — ЭНИИ [Л. 175], А. А. Булгакова — ИАТ [Л. 160] и др.

Развитие теории инвертирования тока в довоенный период было начато работами проф. Е. М. Синельникова и Л. М. Данилевского [Л. 137] и И. Л. Каганова [Л. 158], а в послевоенный период — работой М. А. Чернышева [Л. 174].

Развитию схем зажигания и применения игнитронов способствовали работы проф. В. Г. Комара [Л. 97] и проф. Б. М. Шляпошников [Л. 103].

Серьезное значение для совершенствования не только ртутных вентилях, но и ионных приборов в целом имели работы, проводившиеся в третью, как и во вторую, пятилетку в лабораториях завода «Электросила» под руководством В. К. Крапивина и при участии Н. Н. Петухова, В. И. Дроздова, И. М. Кенина, Я. Л. Михелиса и М. А. Асташева [Л. 42—45, 49, 55, 58, 62 и 68], в ВЭИ под руководством проф. Б. Н. Клярфельда, проф. В. Л. Грановского, А. М. Шемаева и проф. В. А. Фабриканта [Л. 48, 50, 65, 67 и 71], в МГУ под руководством проф. Н. А. Капцова, проф. Г. В. Спивака, проф. С. Д. Гвоздова и Э. М. Рейхруделя [Л. 26, 36 и 51] и в ЛПИ под руководством акад. Д. А. Рожанского и проф. Л. А. Сена [Л. 41 и 83].

Эти исследования, а также опытная проверка работы вентилях на опытных стендах и в эксплуатации много способствовали непрерывному развитию конструктивных разработок, проводившихся на заводе «Электросила» под руководством В. К. Крапивина и при участии Л. М. Клячкина, И. Н. Фалеева и Е. М. Глуха.

Проектная работа по преобразовательным подстанциям в эти годы была сосредоточена главным образом в Центроэлектромонтаже (ныне Государственный проектный институт «Тяжпромэлектропроект»).

Велика роль в деле улучшения ряда узлов конструкций вентилях и многочисленного отряда эксплуатационного персонала как на тяговых подстанциях городского и железнодорожного транспорта, так и на предприятиях химической промышленности и цветной металлургии.

Проведенные работы не только способствовали развитию вентилях, но и подготовили поисковые исследования в направлении дальнейшего улучшения типа вентилях.

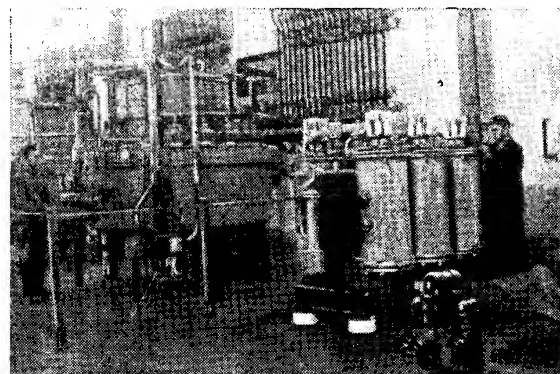
Так, в связи с необходимостью иметь для проектируемого в ВЭИ вентиляхного каскада одноанодные вентилях, поскольку игнтроны еще не обеспечивали достаточно надежного и четкого зажигания дуги в них, по предложению Бутаева и Эттингера была начата в ВЭИ В. Л. Савицким и И. Д. Школиным разработка одноанодного вентилях с дугой возбуждения. Первый опытный вентиль на 200 а был изготовлен и испытан накануне Великой Отечественной войны. Уже первый этап проектирования [Л. 59] показал, что переход на одноанодные металлические вентилях взамен строившихся до того времени многоанодных вентилях дает ряд преимуществ в производстве и эксплуатации.

Преимущества в производстве заключались: а) в исключении потребности в стальных крышках большого диаметра, требовавших больших карусельных станков для их обработки и применения кранов с большой грузоподъемностью как на производстве, так и на подстанциях; б) в исключении необходимости применять большие фарфоровые катодные кольца. Кроме того, большие габариты вентилях затрудняли их транспортировку и увеличивали кубатуру подстанции.

Великая Отечественная война на время прервала, но не приостановила дальнейший ход таких разработок.

В первый год войны цех ртутных вентилях завода «Электросила» был перебазирован на

завод «Уралэлектроаппарат», и работникам цеха, отдела и лаборатории, пришлось не только организовать производство на новом месте, но и оказать помощь ряду важнейших предприятий, работавших на нужды обороны. Важнейшей в этом направлении задачей, в решении которой приняли участие работники ртутно-выпрямительного цеха завода «Уралэлектроаппарат» и лаборатории ртутных выпрямителей ВЭИ, было оказание помощи



Фиг. 19. Первый одноанодный вентиляхный комплект типа РМНВ-500Х6, изготовленный бригадой ВЭИ на Уральском алюминиевом заводе.

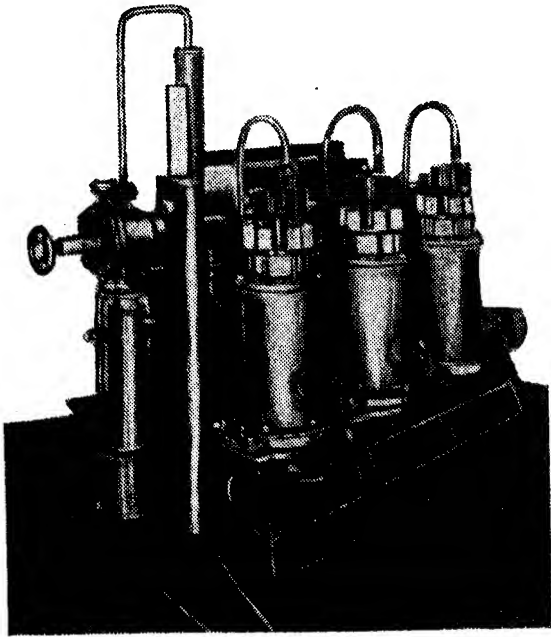
Уральскому алюминиевому заводу (УАЗ) в быстром введении в строй большого числа ртутных выпрямителей, эвакуированных с Днепровского, Волховского и Канда拉克ского алюминиевых заводов на действующих и вновь сооружаемых ртутно-преобразовательных подстанциях УАЗ. Для решения этой задачи на Уральский алюминиевый завод были посланы работники завода «Уралэлектроаппарат» во главе с Крапивным и бригада лаборатории ртутных выпрямителей ВЭИ, возглавлявшаяся Кагановым. После введения здесь в действие всего эвакуированного оборудования встала дальнейшая неотложная задача — найти пути к облегчению серийного производства и массового выпуска наиболее мощных типов ртутных выпрямителей. Исследовательские работы, проводившиеся бригадой ВЭИ непосредственно на Уральском алюминиевом заводе, были реализованы в виде разработки первого в Союзе опытного экземпляра наиболее мощного одноанодного вентилях.

Первый опытный образец выпрямителя с одноанодными вентилями типа РМНВ-500Х6 с током в вентилю до 500 а и общим током до 3 000 а при рабочем напряжении 850 в был разработан, изготовлен и испытан бригадой

ВЭИ на Уральском алюминиевом заводе (фиг. 19).

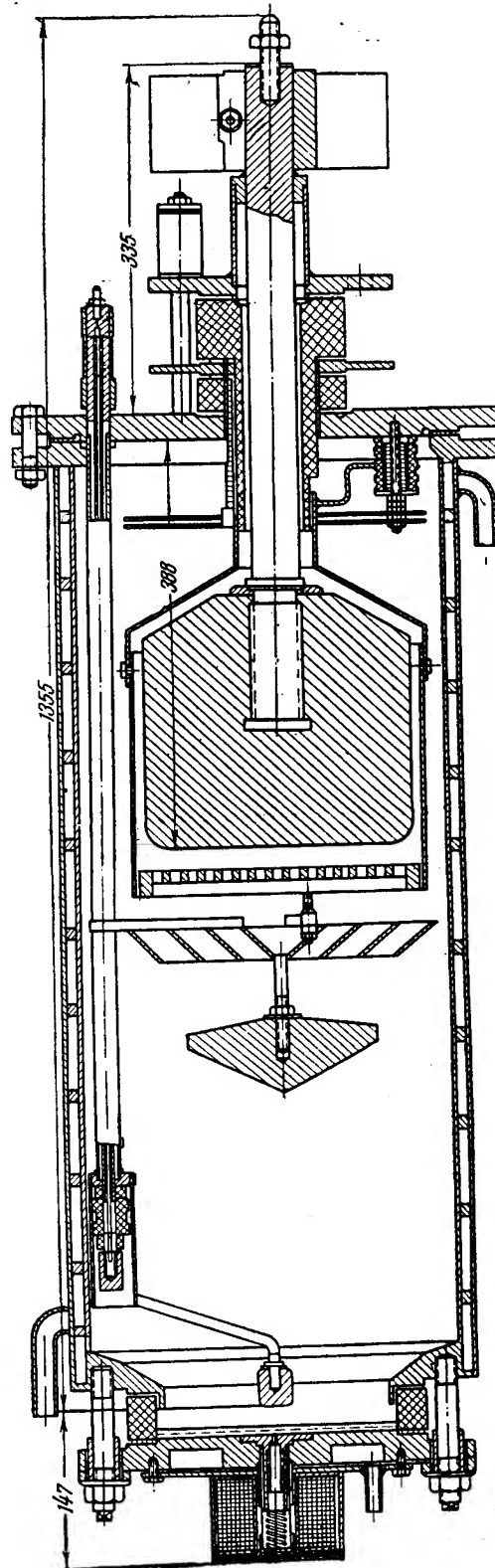
По аналогичной конструкции завод «Урал-электроаппарат» разработал затем свой первый опытный образец одноанодного вентильного комплекта типа РМНВ-500×6. Последние годы войны (1943—1944 гг.) характеризуются не только разработкой новых образцов одноанодных вентилях, положивших начало новому этапу в конструктивном развитии ртутного металлического вентилестроения в нашем Союзе, но и выпуском первых вентильных комплектов. Сообщение о переходе на производство одноанодных вентилях в США пришло значительно позже. Для развития производства ртутных выпрямителей на заводе «Урал-электроаппарат» еще в 1943—1944 гг. было начато сооружение крупного цеха по комплектному производству ртутных вентилях и вспомогательного оборудования.

Для производства опытных серий ртутных вентилях новой конструкции в 1942—1943 гг. был организован опытный цех в ВЭИ при отделе ртутных выпрямителей. Первый серийный выпуск вентилях типа РМНВ-200×6 с током в цилиндре 200 а (фиг. 20) для шахт в Подмосковном угольном бассейне был про-



Фиг. 20. Выпрямительный комплект РМНВ-200×6, изготовленный в ВЭИ для Подмосковного угольного бассейна.

Фиг. 21. Разрез вентиля типа РМНВ на 500 а.



веден в 1943—1944 гг. Разработка и изготовление опытной серии выпрямителей типа РМНВ-500  $\times$  6 с током в цилиндре 500 а для одной из крупнейших вентиляторных установок были проведены в ВЭИ в 1946 г. [Л. 78].

Завод «Уралэлектроаппарат» выпустил опытно-промышленные типы ртутно-вентильных комплектов РМНВ-500  $\times$  6 (фиг. 21) и РМНВ-500  $\times$  12 и установил их в испытательных целях в 1944 г. на подстанции Уральского алюминиевого завода и одной из подстанций Московского метро [Л. 76].

Еще до окончания Отечественной войны возобновились также производство игнитронов и дальнейшая их разработка; была восстановлена производством довоенная серия стеклянно-металлических игнитронов и разработана серия металлических игнитронов с минимальным количеством стекла (фиг. 22).

Широко развернувшиеся разработки новых ионных приборов в 1944 и 1945 гг. явились важнейшим подготовительным этапом к решению задач, поставленных планом четвертой (первой послевоенной) пятилетки.

Широкое развитие производства и применения ионных приборов и преобразовательных систем подготовило необходимость организации в вузах новой специализации по ионной и преобразовательной технике на базе тех ячеек, которые формировались по этому виду техники на общих либо специальных кафедрах.

Первая кафедра по ионной преобразовательной технике, переименованная затем в кафедру «Промышленная электроника», была создана в 1943 г. в Московском ордена Ленина энергетическом институте имени В. М. Молотова.

Формирование инженерных кадров по новой специальности в МЭИ и других вузах Советского Союза и широко развернувшиеся разработки ионных приборов разных типов в 1944 и 1945 гг. явились важнейшим подготовительным этапом к решению задач, поставленных планом четвертой (первой послевоенной) пятилетки. По Закону о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР, принятому Верховным Советом Союза ССР в 1946 г., надлежало: «Провести научно-экспериментальные работы и практически осуществить передачу электроэнергии постоянным током высокого напряжения на большие расстояния». В ВЭИ в связи с этим были развернуты большие исследовательские работы и проведена разработка ряда опытных типов высоковольтных вентилях, легшие в основу по-

следующего малосерийного производства таких вентилях. Работы ВЭИ по вентилям, а также разработка преобразовательных систем и устройств, проведенные во вновь организованном Министерством электростанций Научно-исследовательском институте постоянного тока (НИИПТ), обеспечили проведение в жизнь к концу четвертой пятилетки пункта закона об осуществлении в СССР первой опытно-промышленной передачи энергии постоянным током высокого напряжения.

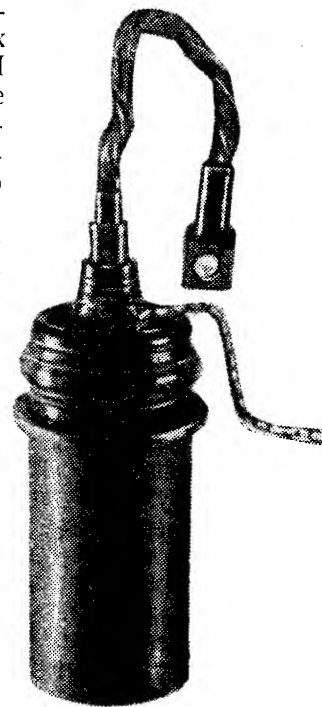
Для удовлетворения нужд промышленности и транспорта в преобразовательных установках в Законе о восстановлении и развитии народного хозяйства СССР в четвертую пятилетку было записано: «Освоить и развить производство новейших типов... ртутных выпрямителей и сварочных машин...».

Во исполнение этого решения завод «Уралэлектроаппарат» выпустил ряд серий ртутных выпрямителей типов РМНВ-500  $\times$  6 и РМНВ-500  $\times$  12 улучшенной конструкции, снабженных сетками управления и автономной системой охлаждения [Л. 76 и 77].

Установкой таких выпрямителей на подстанциях электрифицированных железных дорог решалась одна из очередных задач четвертой пятилетки — электрификация магистральных участков этих дорог.

Выпрямителями серийного выпуска завода «Уралэлектроаппарат» были оснащены также подстанции метро 3-й очереди, электролизные заводы цветной металлургии, ряд химических производств.

Полная управляемость сетками, достигнутая в выпрямителях нового типа, позволила работникам цеха ртутных выпрямителей завода «Уралэлектроаппарат» совместно с работниками треста «Центроэлектромонтаж» приступить к разработке в 1950 г. мощного ионного привода постоянного тока для прокатного



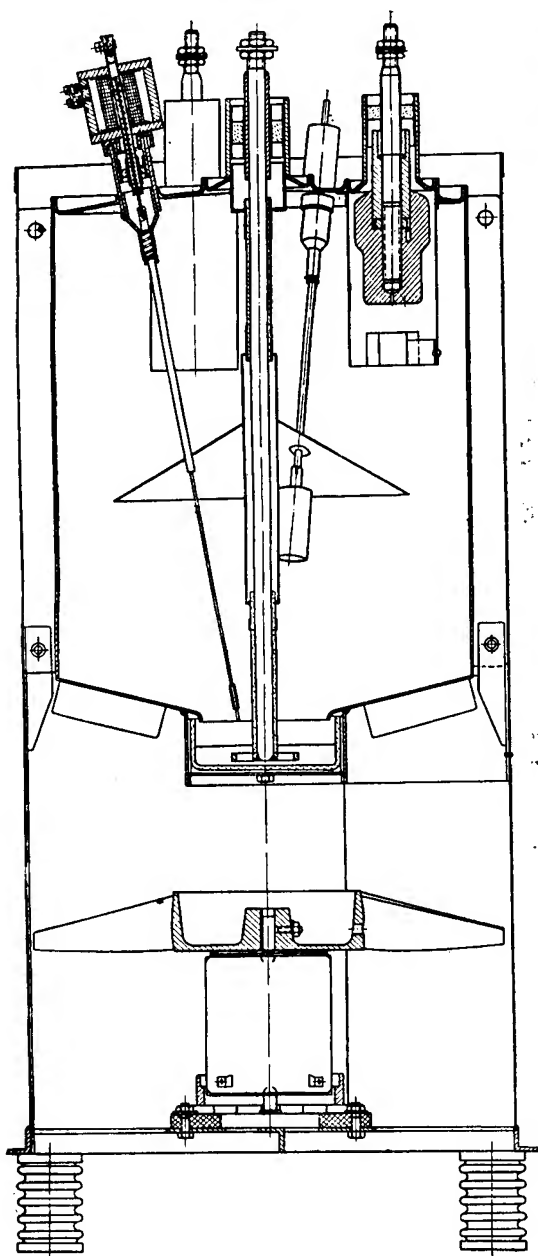
Фиг. 22. Целнометаллический игнитрон.



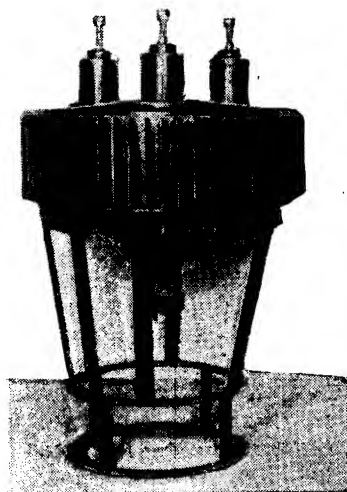
стана и внедрить его в эксплуатацию на Магнитогорском металлургическом комбинате.

Существенное улучшение эксплуатационного режима работы ртутных вентиляй было достигнуто также благодаря комплектованию вентиляй модернизированными быстродействующими автоматами (ВАБ) системы А. И. Голубева и автоматическими вакуум-

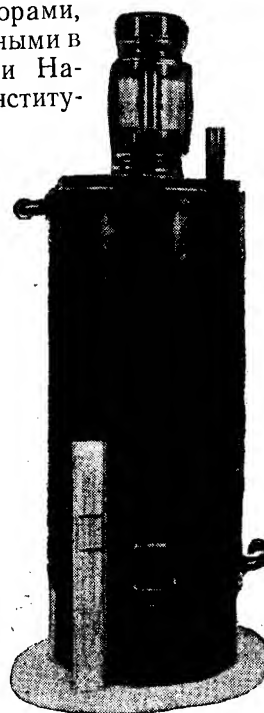
ными реле, и терморегуляторами, разработанными и внедренными в эксплуатацию сотрудниками Научно-исследовательского институ-



Фиг. 23. Первый 3-анодный запаянный (безнасосный) вентиль изготовления ВЭИ.



Фиг. 24. Запаянный малогабаритный ртутный вентиль с воздушным охлаждением изготовления ВЭИ.



Фиг. 25. Запаянный игни-трон с водяным охлаждением на напряжение 3 кВ и ток 100 А.

та железнодорожного транспорта (ЦНИИ МПС) А. Ф. Пронтарским.

Разработанный в ВЭИ И. Д. Школиным [Л. 81], испытанный на ряде вентиляй новый тип индукционного зажигающего являлся одним из этапов усовершенствования систем зажигания ртутного вентиля.

Важнейшим техническим достижением в области ртутного выпрямительного строения в четвертой пятилетке явились разработка в ВЭИ и внедрение в эксплуатацию цельнометаллических типов запаянных вентиляй с воздушным охлаждением.

Разработке безнасосных вентиляй предшествовала большая исследовательская работа по созданию абсолютно герметичных вводов для электродов, вводимых в металлический корпус вентиля.

Первые типы треханодных безнасосных вентиляй с током 300 А при напряжении 300 В, разработанные в ВЭИ В. Л. Савицким (фиг. 23), прошли к настоящему времени успешно 5—6-летний период эксплуатации на подстанциях подмосковного угольного бассейна. Такие, а также следующие по типу

малогабаритные вентили, разработанные С. Б. Юдицким (фиг. 24), внедрены в производство. Наряду с ртутными выпрямителями с дугой возбуждения в ВЭИ под руководством Т. А. Суетина была разработана серия цельнометаллических запаянных игнитронов с водяным (фиг. 25), а также воздушным охлаждением. Такие игнитроны успешно эксплуатируются на ряде трамвайных подстанций Советского Союза.

Улучшению качества игнитронов выпуска ВЭИ много способствовало повышение качества зажигателей, технология изготовления которых была усовершенствована в ВЭИ работами В. И. Пружининой.

Серьезной модернизации подверглись в четвертую пятилетку также игнитроны, выпускавшиеся серийно. Количество стекла, снижающего механическую и электродинамическую прочность игнитронов, было в низковольтных типах сведено к минимуму. Вместо медных стаканов, нуждавшихся в покрытии их никелем и хромом, начали применяться катоды из кобальта и нержавеющей стали.

Высоковольтные типы игнитронов начали снабжаться экранирующей анод сеткой. Для повышения срока службы игнитронов высоковольтные игнитроны снабжались двумя зажигателями. Такими игнитронами был оборудован в 1948—1949 гг. выпрямительный агрегат на тяговой подстанции в г. Александрове Северной железной дороги (фиг. 26).

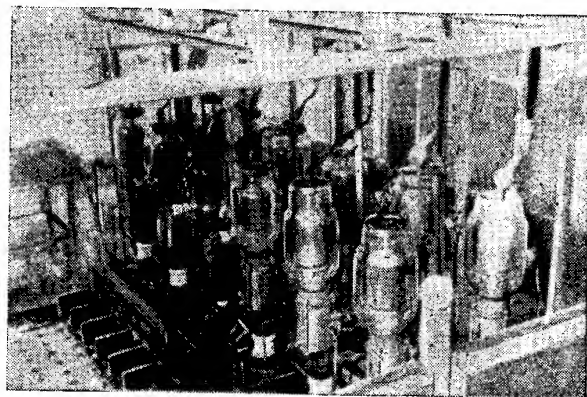
Среди опытных разработок, проведенных в четвертую пятилетку, заслуживает быть отмеченным предложенный проф. В. Л. Грановским и Т. А. Суетиным [Л. 116] ионный генератор высокочастотных колебаний, получивший название «стенотрон». Принцип работы такого генератора построен на обрыве дуги в месте сужения ее в отверстии изолированной диафрагмы. Разработка осталась незаконченной в связи с технологическими трудностями, возникшими в вопросе обеспечения надежной изоляции диафрагмы в условиях непрерывного оседания на нее продуктов испарения.

Важной вехой на пути подытоживания успехов Советского Союза в области ртутного выпрямительного строения явилась первая Всесоюзная конференция по ртутным выпрямителям, проведенная в 1949 г. в Свердловске. На конференции было подвергнуто критическому анализу состояние металлического выпрямительного строения и сформулированы задачи даль-

нейшего роста преобразовательной техники. Основными из них были:

1) обеспечение регулируемости вентилей в полном диапазоне изменений напряжения от нуля до полного значения, с тем чтобы осуществлять безреостатный пуск электрического привода;

2) повышение нагрузочной способности вентилей при глубоком сеточном регулировании;



Фиг. 26. Агрегат на подстанции Александровская Северной железной дороги, оборудованный на стекляннометаллических игнитронах.

3) быстрейшая разработка и выпуск безнасосных ртутных высоковольтных вентилей для целей передачи энергии построением токком высокого напряжения.

## 6) ИОННЫЕ ПРИБОРЫ С НАКАЛЕННЫМ КАТОДОМ

В то время как развитие ртутных выпрямителей определялось нуждами народного хозяйства в мощных типах ионных приборов, нужды в преобразователях на меньшие токи и напряжения удовлетворялись главным образом за счет применения ионных приборов с накаливаемым катодом: газотронов и тиратронов.

Их разработка началась в 1929 г. после слияния в 1928 г. электровакуумного завода с заводом «Светлана» в исследовательской лаборатории при заводе «Светлана», организованной под руководством С. А. Векшинского и с участием С. А. Оболенского. Эта лаборатория в 1933 г. была реорганизована в отраслевую вакуумную лабораторию (ОВЛ) при заводе «Светлана». Работы по ионным приборам возглавили: С. А. Зусмановский и К. В. Стахорский. В них принимали участие Ю. Д. Болдырь, И. П. Полевой, А. Г. Александров и



О. М. Степанова. К моменту проведения здесь первых исследовательских работ и создания опытных типов приборов газотроны были освоены производством только в США, где патент на такие приборы (предложенный в 1905 г.) не мог быть реализован в течение больше 20 лет в связи с отсутствием правильных представлений о режиме работы газоразрядных приборов с накалившимся катодом. Выяснив после исследований инж. Хэлла физические режимы работы прибора, фирма Джeneral Электрик, стремясь стать монополистом в поставке таких приборов на мировой рынок, оберегала секрет производства приборов не только от зарубежных стран, но и от конкурирующей с ней американской фирмы Вестингауз. Поэтому, приступая к разработке приборов с накалившимся катодом, работники лаборатории завода «Светлана» были знакомы только с теми исходными принципами построения таких приборов, которые можно было почерпнуть из общих, притом крайне скудных литературных сведений. Естественно, что при таких условиях первые разработки приборов необходимо было базировать на результате самостоятельных исследований.

Направление разработок и подчиненных им исследовательских работ, проводившихся на заводе «Светлана» и в исследовательских институтах в 1929 и 1930 гг., определялось в первую очередь необходимостью получить жизнеспособные катоды на токи, которые диктовались нуждами радиопромышленности. Спрос на газотроны был предъявлен в первую очередь радиопромышленностью, в связи с тем что такие приборы вносили технический прогресс и давали лучшие экономические показатели в системах питания радиоустройств (радиопередатчиков и мощных усилителей). Применение кенотронов в узлах питания было мало экономично, а применение ртутных вентилей создавало большие монтажные затруднения. Число передатчиков, нуждавшихся в новых источниках питания, в связи с широкими планами радиофикации страны было довольно значительным.

Первый начатый разработкой газотрон с наполнением ртутным паром на максимальный анодный ток 40 а и максимальное обратное напряжение 15 кв (тип ВГ-12) предназначался для радиопередатчика средней мощности, а второй газотрон того же периода разработки на максимальное обратное напряжение 5 000 в (тип ВГ-129) — для питания маломощных ра-

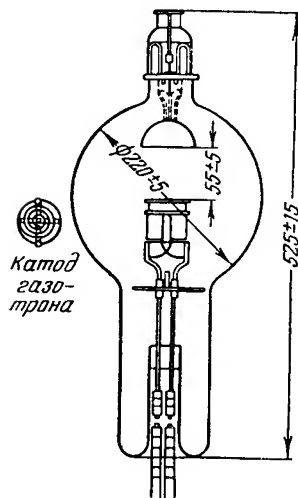
диопередатчиков и мощных электронных усилителей. Максимальный анодный ток и максимальное значение обратного напряжения являются в приборах с накалившимся катодом основными параметрами, по которым оценивается нагрузочная способность приборов. Предел по току определяется эмиссионными свойствами катода, а предельное значение обратного напряжения лимитируется возможностью возникновения в приборе обратных зажигания.

Для получения высоких обратных напряжений (в несколько киловольт), необходимо было обеспечить минимум давления газовой среды в приборе, что легче всего достигалось при заполнении прибора ртутными парами. Успех первых разработок решался сроком службы накалившегося катода, составляющего центральный узел в приборе. Для приборов с ртутным заполнением с давлением паров в несколько микрон наиболее устойчивым в работе оказался оксидный катод, представляющий собой никелевый керн с нанесенным на него оксидным слоем, состоящим из смеси двууглекислых солей бария, стронция и кальция, подвергающихся затем термической обработке.

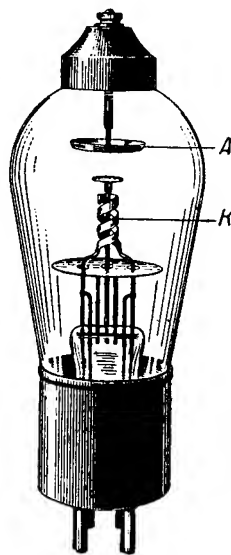
Борьба за повышение срока службы у таких катодов являлась первоочередной задачей, так как оксидный слой катода, эмиттирующий электроны, подвергается при работе прибора бомбардировке его ионами, поступающими из близлежащего к катоду участка разряда. Когда энергия ионов начинает превышать некоторый уровень (критический потенциал), начинается заметное распыление активного слоя катода, сокращающее срок его службы.

С целью уменьшения прямых попаданий ионов с большой энергией на катод первые типы прямоканальных катодов, в том числе у газотрона типа ВГ-126, выполнялись в виде горизонтально расположенной спирали с ребрами, обращенными к оси разряда (катод показан в левой части фиг. 27). Для повышения экономичности катод окружался тепловым экраном. У второго разрабатывавшегося типа газотрона (ВГ-129) катод был выполнен из ленты, намотанной в виде двухходовой вертикально расположенной спирали (фиг. 28). После достижения приемлемого срока службы у газотронов типов ВГ-126 и ВГ-129 (порядка 400—500 час.) лаборатория завода «Светлана» перешла в 1931—1932 гг. к разработке под

руководством Ю. Д. Болдыря следующих двух типов газотронов: на максимальные тока 4 а (тип ВГ-130) и 10 а (тип ВГ-131). Газотрон типа ВГ-130 должен был выдерживать обратное напряжение 5 кВ, а типа ВГ-131 (фиг. 29) 7 кВ.



Фиг. 27. Разрез газотрона ВГ-126 вместе с расположенным слева катодом.



Фиг. 28. Наружный вид газотрона типа ВГ-129.

Опытные образцы этих газотронов были закончены испытанием и внедрены в производство в 1932 г. Относительно быстрой разработки конструкции и внедрению в производство новых типов приборов способствовало то обстоятельство, что при отраслевой лаборатории с первых же дней ее организации был создан опытный цех, осваивавший разработки лаборатории после получения удовлетворительных результатов испытания опытных образцов приборов на лабораторных стендах.

Производство опытного цеха удовлетворяло в течение первых лет выпуска спрос на вновь разработанные лабораторные типы приборов.

В первой серии разработанных до 1935 г. газотронов с ртутным наполнением имелся газотрон типа ВГ-167 на ток 100 а и обратное напряжение 15 кВ. В этом газотроне был применен катод косвенного накала в виде цилиндра с поперечными ребрами и расположенный внутри него нагревателем (фиг. 30). Однако промышленного выхода такой тиратрон не получил, так как срок службы его катода оказался весьма небольшим. Заметная часть продукции первых лет выпуска ее опытным цехом отраслевой лаборатории завода

«Светлана» шла на завод имени Коминтерна, где отраслевая радиолaborатория конструировала выпрямительные устройства с газотронами для питания радиопередатчиков и мощных усилителей.

В годы первой пятилетки этой лабораторией были разработаны при участии В. Г. Карпова следующие типы выпрямительных устройств [Л. 185]:

1) устройство типа 2 ГУТ-0,3 с газотронами ВГ-129 на суммарный выходной ток 0,3 а и напряжение  $2 \times 750$  в, предназначенное для питания мощных усилителей;

2) устройство типа ГАГ-30 с газотронами ВГ-130 на суммарный выходной ток 3 а и напряжение 10 кВ, предназначенное для питания маломощных радиопередатчиков;

3) устройство типа ГАГ-135 с газотронами ВГ-126 на суммарный выходной ток 13,5 а и напряжение 10 кВ, предназначенное для питания радиопередатчиков средней мощности.

Проводившиеся испытания названных устройств на полную мощность являлись одновременно проверкой работоспособности газотронов на полные проектные параметры.

Удовлетворяя нуждам стационарных устройств, устанавливаемых в помещениях, где возможны колебания температуры окружающей среды в относительно узких границах, допускаемых ртутными газотронами, последние не могли, однако, быть применены в выпрямительных устройствах, работающих в условиях резких изменений окружающей температуры.

Таковыми устройствами являлись, в частности, выпрямители, применяемые в наружных установках телеграфно-телефонной связи и блокировочных устройствах на железных дорогах, а также зарядные устройства для аккумуляторов, устанавливаемые не в закрытых помещениях. Нужды такого рода потребителей могли быть удовлетворены газотронами, заполненными инертным газом (обычно аргоном). Рабочий режим таких приборов, названных тунгарами, не зависит от колебаний температуры окружающей среды, так как плотность газа внутри прибора не зависит от температуры окружающей среды. В 1932—1933 гг. завод «Светлана» приступил к разработке и изготовлению первых типов тунгаров.

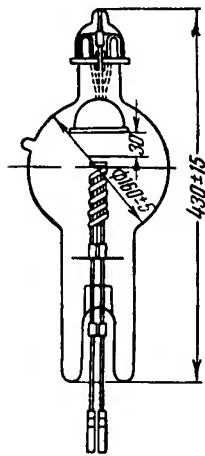
Катоды у тунгаров изготавливались вначале из торированного вольфрама, а затем из торированного молибдена. Диффундирующий на поверхность катода в процессе работы прибора торий обеспечивает высокие эмиссионные свойства катода.

Выполнение катода с чувствительным к ионной бомбардировке активным слоем было возможно только благодаря относительно высокому давлению аргона или неона (2—4 мм рт. ст.), которыми заполняются тунгары.

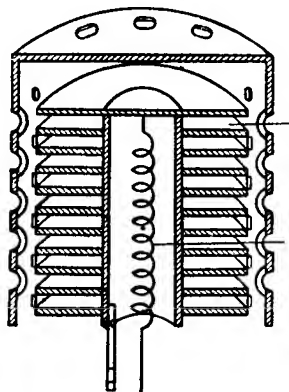
В 1932—1933 гг. были изготовлены опытные образцы тунгаров с одним анодом в колбе (тип ВГ-176) на средний ток 6 а (максимальный ток 9 а) при обратном напряжении 150 в (фиг. 31). Годом позднее тунгары начали изготавливаться и с двумя анодами в колбе (тип ВГ-222). Совершенствуя параметры прибора и добиваясь повышения срока службы, завод изготовил в 1935 г. взамен введенного ранее в производство тунгара ВГ-176 более совершенный одноанодный тунгар, получивший маркировку ВГ-251.

В поисках путей к расширению нагрузочной способности тунгаров по току, завод разработал в 1936 г. тунгар с термитным катодом (таблетка из окиси алюминия и бария, окруженная металлической сеткой), но такой прибор (получивший название биптрон) в производство внедрен не был из-за малой стабильности работы катода.

Спрос на промышленные типы газотронов к концу первой пятилетки настолько вырос, что в 1933 г. на заводе «Светлана» был организован крупный цех по производству ионных приборов, куда в первую очередь было



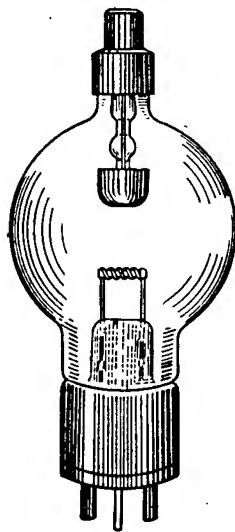
Фиг. 29. Разрез газотрона типа ВГ-131.



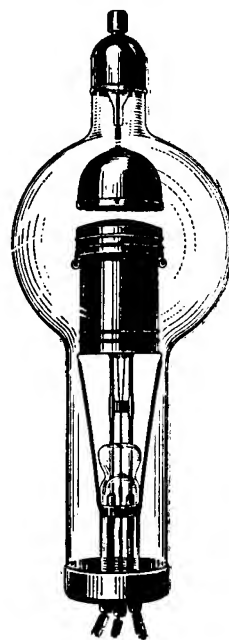
Фиг. 30. Катод газотрона типа ВГ-167.

переведено производство наиболее освоенных типов газотронов. Руководящее участие в работе цеха принимали Ю. Бельговский, В. С. Мановский и М. Р. Рубаненко. Работа цеха проходила под непосредственным наблюдением Отдела газоразрядных приборов ОВЛ.

Дальнейшим крупным этапом в развитии приборов с накалившимся катодом было введение в прибор управляющей сетки, превратившей газотрон в тиратрон. Широкие возможности регулирования при помощи сетки среднего значения тока в тиратроне вплоть до полного его прекращения открыли новые пути для применения тиратронов, в первую очередь в автоматически действующих устройствах. Первые разработки по тиратронам были проведены на заводе «Светлана» еще в конце первой пятилетки, но заметный спрос на тиратроны появился в начале второй пятилетки в связи с технической реконструкцией ряда областей промышленности, в первую очередь машиностроения, проводившейся в соответствии с планом развития народного хозяйства, утвержденным XVII съездом партии.



Фиг. 31. Низковольтный газотрон типа „Тунгар“.



Фиг. 32. Тиратрон типа ТГ-162.

На базе освоенных ранее промышленных типов газотронов и исследовательских работ, проведенных в лабораториях завода «Светлана» под руководством Ю. Д. Болдыря, О. М. Степановой и С. И. Рудковского, в 1933 г. построены были первые опытные экземпляры ртутных тиратронов на ток 1 а при обратном напряжении 2 кВ (тип ТГ-160) и ток 40 а при максимальном обратном напряжении 15 кВ (тип ТГ-162).

Если в маломощном типе тиратрона заводу удалось после выполнения нескольких опытных конструкций добиться достаточно стабиль-

ной работы схемы и продолжительной работы катода, то в тиратроне типа ТГ-162 (фиг. 32) для получения удовлетворительных показателей работы прибора пришлось затратить значительно большее время на модернизацию основных узлов прибора. Трудности, с которыми пришлось здесь встретиться, определялись наличием электрической связи между сеткой и тепловыми экранами катода, высокой температурой сетки и налетом на сетку продуктов испарения из катода. Катод не обеспечивал нужного срока службы из-за относительно большого падения напряжения в дуге.

Для получения удовлетворительной сеточной характеристики оказалось необходимым по исследованиям Г. И. Бабата [Л. 189] тщательно изолировать сетку от теплового экрана и защитить ее от прямого налета продуктов испарения и прямого излучения катода. Внесенные коррективы позволили заметно улучшить рабочие свойства тиратрона не только ТГ-162, но и других типов (ТГ-203, ТГ-204 и ТГ-205) последующего периода разработки.

Основным дефектом, с которым пришлось встретиться в ртутных тиратронах и находить пути к его устранению, было осыпание оксида с катода при длительном хранении тиратрона на складе либо после длительного перерыва в его работе. Исследование этого явления А. А. Ивановым показало, что причина его лежит в том, что ртутные пары диффундируют через поры оксидного слоя к керну катода и, оседая на нем, ослабляют связь оксида с керном. Изменением рецептуры оксида и технологии его нанесения эффект диффузии и нарушение связи его с керном удалось заметно ослабить, но не устранить полностью. В связи с этим были выработаны инструктивные мероприятия о периодическом прогреве катодов в приборах, заполняемых ртутными парами, при длительном их бездействии.

Завершив разработку опытных образцов тиратронов типов ТГ-160 и ТГ-162 с приемлемыми показателями по сроку службы и режиму сеточного узла, лаборатория приступила в 1935 г. к разработке опытных образцов трех следующих типов ртутных тиратронов: ТГ-203 — на 4 а, ТГ-204 — на 10 а и ТГ-205 — на 1,5 а при максимуме обратного напряжения 1—3 кв.

После испытания и технологической обработки эти тиратроны вошли в 1936—1937 гг. в малосерийное производство опытного цеха при ОВЛ завода «Светлана».

Для удовлетворения нужд потребителей в тиратронах, способных работать и при минусовых температурах и резких колебаниях температуры в большом диапазоне значений, отраслевая лаборатория параллельно с разработкой и изготовлением промышленных типов тиратронов с ртутным наполнением разработала в 1935—1937 гг. серию газонаполненных тиратронов (типы ТГ-212, ТГ-213, ТГ-214 и ТГ-215) на токи 0,5—10 а. Приборы эти заполнялись аргоном и неоном как более доступными в то время к получению инертными газами. Обратное напряжение в таких тиратронах не превышало 500 в в связи с необходимостью повысить давление в приборах до нескольких десятых долей миллиметра ртутного столба (вместо нескольких микрон ртутного столба в приборах с ртутным наполнением). Но и при этих давлениях срок службы газонаполненных тиратронов не удалось повысить в первых образцах приборов выше 300 час. в силу постепенного поглощения газа стенками и электродами прибора. Так как законы этого поглощения в тот период еще не были достаточно изучены, борьба с поглощением также не могла вестись успешно.

Только в процессе проведения в последующем исследовательских работ по поглощению (абсорбции) газа электродами и стеклом, проводившихся в заводских лабораториях ВЭИ под руководством А. М. Шемаева [Л. 64], начали определяться пути, которые обеспечивали удлинение срока службы газонаполненных приборов.

К концу 1936 г. и началу 1937 г. завод располагал твердой шкалой каталожных типов ртутных и газонаполненных приборов, начиная с токов в 1 а (тип ТГ-160) и кончая токами в 40 а максимального значения (тип ТГ-162). Такие приборы удовлетворяли спрос широкого круга потребителей по номенклатуре, но срок службы приборов, даже заполненных ртутными парами, все же был ограничен. Сеточные характеристики тиратронов также не всегда удовлетворяли растущим запросам заказчиков. Поэтому в первые годы третьей пятилетки работа отдела газоразрядных приборов завода «Светлана» шла в направлении повышения срока службы приборов путем повышения качества катодов, улучшения конструктивного выполнения приборов, а также повышения технологической культуры производства приборов.

Параллельно с разработками отраслевой лаборатории завода «Светлана» велись иссле-

довательские работы и разработки тиратронов в электровакуумной лаборатории Всесоюзного электротехнического института.

Здесь были разработаны ртутные тиратроны с повышенным сроком службы, и первые тиратроны с однодырчатой сеткой, позволившей сильно уменьшить сеточные токи и тем самым стабилизировать режим работы тиратронов.

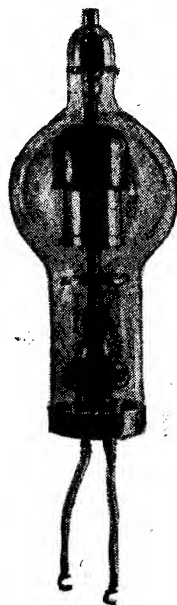
Одновременно с разработкой и совершенствованием конструкции и технологии тиратронов развивались и схемы их применения в различных областях техники.

Так, в 1933 г. Г. И. Бабатом [Л. 218 и 219] были предложены: 1) тиратронное реле; 2) устройство для стабилизации выпрямленного напряжения, и 3) в 1934 г. [Л. 220] несколько вариантов схем тиратронных прерывателей для электросварочных устройств. Применение тиратронов в схемах точечной и шовной электросварки получило свое дальнейшее развитие в 1935 и 1936 гг. в работах С. М. Катлера [Л. 221] и С. Я. Эмдина [Л. 222]. На электрических станциях получили значительное распространение электронно-ионные регуляторы, разработанные в ВЭИ Г. Р. Герценбергом и проф. Л. С. Гольдфарбом [Л. 333 и 339].

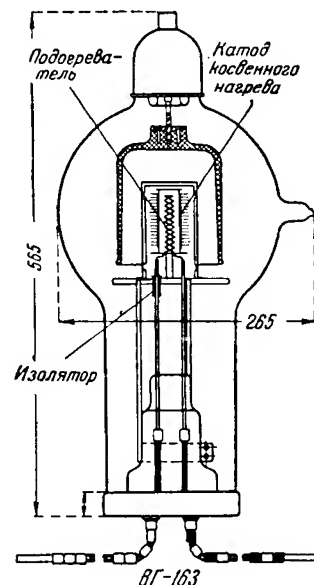
Решение задач, поставленных XVIII съездом партии в третьем пятилетнем плане развития народного хозяйства СССР в области электрификации страны, развития машиностроения, станкостроения, цветной металлургии, нашло свое яркое отражение и в области ионного приборостроения, призванной создавать приборы, на которые опирался технический прогресс в ряде отраслей промышленности. Так, для питания измерительных устройств и создания первых телемеханических устройств диспетчерской связи и управления на электростанциях нужны были высокостабильные газотроны и тиратроны, способные работать при повышенных частотах. Для питания вновь разработанных систем ионного привода постоянного тока нужны были тиратроны со строго фиксированным моментом зажигания и достаточно большим сроком службы. Для новых типов реле и регуляторов понадобились малогабаритные экранированные и с более длительным, чем это было раньше, сроком службы тиратроны.

Для удовлетворения столь разнообразных требований завод «Светлана» провел коренную модернизацию серии приборов, ранее разработанных и выпускавшихся, и создал новые типы приборов. Коренной модернизации под-

верглись прежде всего газотроны. Вместо приборов открытой конструкции с анодом относительно малых размеров, удаленным от катода, были созданы полужакрытые (фиг. 33) и совершенно закрытые конструкции (фиг. 34), в которых большой полый анод охватывал собой частично либо полностью катод. Это позволило заметно уменьшить падение напряжения в дуге, повысить экономичность катода



Фиг. 33. Наружный вид газотрона типа ВГ-237.



Фиг. 34. Разрез газотрона ВГ-163.

и улучшить условия работы прибора в целом.

С полужакрытой конструкцией были разработаны в 1938—1939 гг. ртутные газотроны (типа ВГ-236) на 4 а и обратное напряжение 7 кв и ВГ-237 на 10 а и обратное напряжение 10 кв. По закрытой конструкции был создан наиболее мощный тип газотрона на 40 а и 15 кв, получивший заводскую маркировку ВГ-163.

Серьезным достижением этих лет явилось также создание в рентгеновской лаборатории завода «Светлана» В. И. Раковым и К. И. Фетисовым под общим руководством проф. Ф. Н. Хараджа [Л. 192] первых образцов высоковольтных секционированных газотронов на напряжение 110 и 220 кв (фиг. 35) и токи до 1—2 а в максимуме для питания рентгеновских устройств.

Для возможности применения тиратрона в релаксационных генераторах повышенной частоты (до нескольких десятков килогерц) на

заводе «Светлана» был разработан и освоен малоомощный газонаполненный тиратрон типа ТГ-0,3 с током до 0,5 а и максимальным обратным напряжением до 500 в.

Разработка газонаполненных тиратронов на более высокие значения обратного напряжения, чем 500 в, требуемых для устройств, работающих при сильно меняющейся темпера-

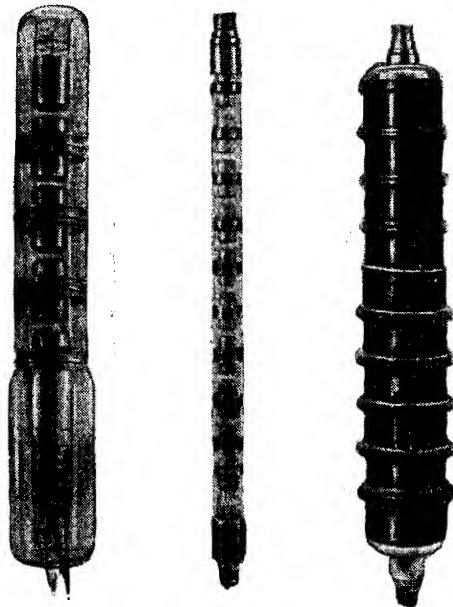
хорошо охлаждаемая однодырчатая сетка, обеспечившая меньшие сеточные токи и более стабильную работу тиратрона.

Опытные разработки новых типов тиратронов были завершены выпуском из опытного производства серии экранированных тиратронов не только с газовым, но и с ртутным наполнением.

К тиратронам с ртутным наполнением относились типы ТГЭ-4/5, ТГЭ-8/3 и ТГЭ-20/3 на токи 4—20 а. Обладая меньшими габаритами, эти тиратроны обеспечили вместе с тем значительное повышение срока службы и более стабильную работу сеток.

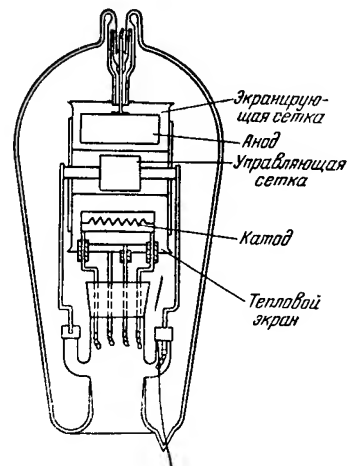
Параллельно с ВЭИ ОВЛ завода «Светлана» разработала в 1938 и 1939 гг. свои типы экранированных газонаполненных тиратронов — тип ТГЭ-235 на ток 6 а и обратное напряжение 700 в и тип ТГ-8/3000 на ток 8 а и обратное напряжение 3 000 в.

Создание таких тиратронов знаменовало собой перелом в освоении новой техники — наши институты и производства начали создавать приборы, превосходившие по своим качественным показателям заграничные образцы.



Фиг. 35. Высоковольтные секционированные газотроны на 110 и 220 кВ завода «Светлана».

туре окружающей среды, лимитировалась в то время тем, что более высокие обратные напряжения требовали уменьшения давления газа в приборе, а минимум допускаемого давления ограничивался условиями нормального зажигания и горения дуги. При переходе через минимум давления в силу постепенной адсорбции газа стенками и электродами приборов тиратроны переставали зажигаться. Путь к первому преодолению возникших трудностей был найден в создании экранированных тиратронов. Окружая анод экраном, потенциально связанным с катодом (фиг. 36), удалось уменьшить критическое расстояние между катодом и анодом, определяющее пробивное напряжение в приборах, и тем самым повысить пробивное напряжение в них. Первые типы экранированных тиратронов были разработаны в ВЭИ при участии Б. Е. Строганова, Г. М. Топчиева и Б. П. Ильясова [Л. 67 и 194]. Новым в этих разработках, кроме внесения экрана, явилась



Фиг. 36. Разрез экранированного тиратрона ВЭИ.



Фиг. 37. Газотрон с газовым наполнением типа ТГ-1-5/3.

В связи с возросшим массовым спросом на тиратроны разных типов завод «Светлана» перешел в 1940 г. от малосерийного производства тиратронов в опытный цех отраслевой лаборатории к серийному их производству в заводском цехе.



Производство газотронов и тиратронов было восстановлено в 1944—1945 гг. В производство вошли лучшие образцы из довоенной номенклатуры, а также новые образцы, разработанные под руководством А. М. Шерешевского.

В 1945—1947 гг. была создана новая серия тиратронов с ртутным наполнением со значительно меньшими габаритами по сравнению с прежними образцами приборов. Серия тиратронов с газовым наполнением была также модернизирована. Обратное напряжение в промышленных типах тиратронов серийного выпуска было доведено до 3 кВ (фиг. 37).

В связи с проведенной реконструкцией приборов с накаливаемым катодом в 1949—1950 гг. была заново пересмотрена номенклатура каталожных приборов и проведена новая маркировка их с внесением в обозначение типов не максимального тока, а среднего его значения и записью обратного напряжения не в вольтах, а киловольтах. Наиболее крупным достижением в годы четвертой пятилетки явились разработка и внедрение в производство тиратрона на максимальный ток 120 а (средний ток 40 а) при обратном напряжении 15 кВ (новое каталожное обозначение — ТР-1-40/15), предназначенных для питания радиопередатчиков большой мощности.

Расширена номенклатура приборов с накаливаемым катодом и повышен количественный их выпуск. Был освоен серийный выпуск маломощных тиратронов, применяемых в системах регулирования и управления; а также разработана и выпущена серия импульсных водородных тиратронов для нужд радиолокации.

#### **в) ПРИБОРЫ С НЕКАЛИВАЕМЫМ (ХОЛОДНЫМ) МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАТОДОМ**

Удовлетворение разнообразного спроса на ионные приборы малой мощности не могло быть исчерпано приборами с накаливаемым катодом, поскольку необходимость применения отдельных источников питания для цепей накала у таких приборов не только создала бы неприемлемое в ряде случаев удорожание установки, но и привела бы к совершенно неприемлемым условиям эксплуатации. К таким установкам, например относятся линии телефонной и телеграфной связи, нуждающиеся в защитных устройствах, магистральные участки железных дорог, нуждающиеся в системах бло-

кировки и сигнализации, узлы энергосистем, нуждающиеся в телемеханических устройствах, и т. п.

В подобного рода установках нашли себе применение наряду с полупроводниковыми приборами (рассматриваемыми ниже) также ионные приборы с ненакаливаемым катодом с горящим в них тлеющим либо дуговым разрядом.

В связи с необходимостью создать на линиях телефонной и телеграфной связи совершенную систему защиты обслуживающего персонала от акустических ударов, обусловленных перенапряжениями в линии, и защиты от перенапряжений аппаратуры акад. А. А. Чернышевым был предложен в 1927 г. [Л. 205] ионный разрядник, включаемый в линию параллельно и отводящий через зажигающуюся в нем дугу избыток заряда от линии к земле. Катоды у таких разрядников изготавливались из сплава щелочноземельных металлов со свинцом. Первые разрядники системы Чернышева были установлены на линии связи Волховской ГЭС.

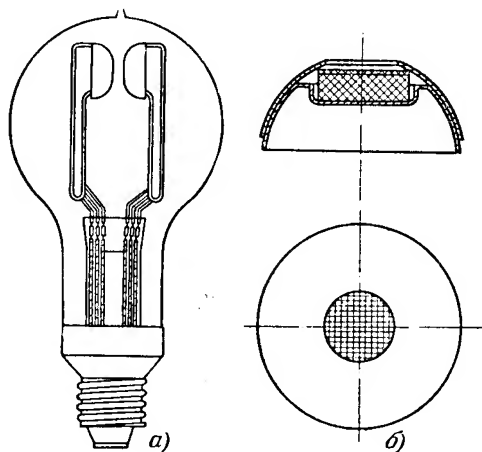
Опытная эксплуатация таких разрядников показала, что они успешно несут функции защиты, но срок службы разрядников был недостаточно велик и, кроме того, потенциалы зажигания дуги в них имели большой разброс. Дальнейшие усовершенствования разрядников подобного типа были проведены в 1931 г. чл.-корр. АН СССР Н. Д. Девятковым [Л. 207] на заводе «Светлана». Усовершенствование заключалось в изменении структуры катода, выполненного из калия и покрытого ртутной амальгамой. Заполнялся разрядник аргоном при давлении в несколько десятков миллиметров ртутного столба.

Поиски путей к повышению срока службы разрядников привели в последующем (1932—1933 гг.) к замене электродов из сплавов щелочных и щелочноземельных металлов со ртутью (либо свинцом) металлическими электродами с чистой либо активированной барием поверхностью.

Первые опытные типы бариевых разрядников (фиг. 38,а) были разработаны при участии Ю. Д. Болдыря в отраслевой электровакуумной лаборатории завода «Светлана» в 1932 г. Значительное повышение срока службы у таких разрядников, получивших маркировку РБ, было достигнуто благодаря непрерывному возобновлению на металлической поверхности электродов слоя бария, испаряющегося из термитной таблетки катода (фиг. 38,б) (состоящей из окиси бария и алюминия)

при нагреве таблетки дугой. Заполнялись разрядники серии РБ аргоном при давлении 30—60 мм рт. ст.

Первая промышленная серия таких разрядников (типов РБ-280, РБ-350 и РБ-430) на токи до 30 а при потенциалах зажигания 280—430 в была освоена в производстве в 1934—1936 гг. Совершенствование производства это-



Фиг. 38. Бариевый разрядник типа РБ.  
а — общий вид; б — катод.

го типа разрядников в последующие годы, вплоть до начала Великой Отечественной войны, шло на заводе «Светлана» под углом зрения: 1) уменьшения разброса в потенциале зажигания при тех колебаниях температуры, которым подвергаются разрядники при установке их на открытом воздухе, и 2) уменьшения времени восстановления запирающих свойств разрядников после гашения в них дуги, что весьма существенно для восстановления нормальной работы линии связи.

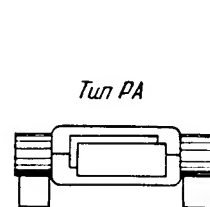
Для получения разрядников с меньшими габаритами и меньшим временем восстановления в установках, где разрядные токи относительно невелики, были созданы разрядники серии РА с алюминиевыми плоскими электродами (фиг. 39). Вначале такие разрядники также заполнялись аргоном, а затем в целях сокращения времени восстановления нормального запирающего с 5 до 1—2 мин. — водородом.

Кроме защитных разрядников для импульсного включения высоковольтных цепей, в годы Великой Отечественной войны в ВЭИ был под руководством проф. Б. Н. Клярфельда разработан новый тип трехэлектродного разрядника — тригatron.

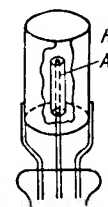
Другим направлением в ионном приборостроении, развивавшимся с первой пятилетки,

были разработка и освоение в производстве приборов тлеющего разряда. Наибольшее практическое применение среди таких приборов получили: 1) триоды тлеющего разряда, применяемые в качестве вентиля и реле; 2) стабилизаторы напряжения тлеющего разряда и 3) индикаторы (лампы) с катодным свечением при тлеющем разряде.

Диоды тлеющего разряда, могущие работать в качестве вентиля (фиг. 40) благодаря разным величинам поверхностей анода (внутренний электрод) и катода (наружный электрод), были разработаны И. Натонком [Л. 206] на заводе «Светлана» в 1928—1929 гг. Хотя такие диоды и не получили заметного распространения на практике в силу низкого коэффициента выпрямления ими тока, тем не менее они сыграли заметную роль в развитии типов



Фиг. 39. Разрядник серии РА.



Фиг. 40. Выпрямитель тлеющего разряда.

приборов тлеющего разряда, поскольку на их основе были созданы затем триоды тлеющего разряда путем добавления к диодам управляющего электрода (зажигателя).

Первые опытные экземпляры триодов (тиратронов) тлеющего разряда (фиг. 41) были разработаны на заводе «Светлана» Болдырем, Е. А. Карповичем и Т. Б. Фогельсон [Л. 228] в 1941 г., а первые опытные экземпляры их были испытаны в лаборатории накануне Великой Отечественной войны.

Триоды тлеющего разряда получили применение в различного рода автоматических действующих устройствах (фотореле, защитное реле, световые указатели и т. п.). В последнее время благодаря схемным разработкам Л. Н. Кораблева [Л. 231] такие приборы получили применение и в импульсной технике (пересчетные схемы, счетчики частиц и т. п.).

Свойство тлеющего разряда сохранять неизменным напряжение на электродах при колебаниях тока в приборе в определенных границах, нашло свое техническое использование в двухэлектродных и многоэлектродных газоразрядных стабилизаторах напряжения (фиг. 42). Многоэлектродные стабилизаторы

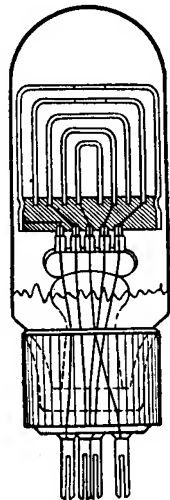


выполняют функции поддержания напряжения у ряда параллельно присоединенных к ним потребителей тока, имеющих разные уровни рабочего напряжения.

В 1934—1935 гг. в ОВЛ завода «Светлана» были разработаны и освоены на заводе «Светлана» два типа многоэлектродных стабилизаторов напряжения (СГ-226 и СГ-227) с катодами, активированными барием, на токи 15—100 ма. Их совершенствование в последующие годы шло



Фиг. 41. Первая конструкция триода (тиратрона) тлеющего разряда.



Фиг. 42. Стабилизатор — делитель напряжения.

под углом зрения повышения срока службы и уменьшения разброса в потенциалах зажигания и величинах падения напряжения.

Двухэлектродные стабилизаторы напряжения с катодами, активированными редкими землями, на токи 30—40 ма и напряжения 75, 90, 105, и 150 в были разработаны и освоены при участии Н. П. Чистякова на одном из московских заводов.

Наиболее многочисленную группу приборов тлеющего разряда составляют приборы, применяемые в качестве световых индикаторов. Разработка и постановка производства первых типов световых индикаторов (ламп) тлеющего разряда были проведены на Московском электроламповом заводе в 1927 г.

В ходе непрерывного совершенствования этих приборов и в первую очередь их катодов на Московском электроламповом заводе была освоена в производстве под руководством В. В. Смирнова и Г. М. Янкина разнообразная номенклатура световых приборов тлеющего разряда [Л. 217].

## г) ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ТЕХНИКА

Важное и все нарастающее по значению место в технике выпрямления тока занимают полупроводниковые вентили, представляющие собой неоднородный по структуре полупроводник (закись меди, сульфид меди, селен, кремний, германий), находящийся в соприкосновении с контактным металлическим электродом. Неоднородность структуры полупроводника, обеспечивающая пропуск тока преимущественно в одном направлении, базируется на образовании в нем в процессе изготовления вентилей двух слоев с разной проводимостью: 1) очень тонкого слоя, непосредственно прилегающего к металлической поверхности контактного электрода, имеющего очень большое удельное сопротивление (запирающий слой), и 2) слоя полупроводника с нормальной проводимостью.

Одним из видов полупроводниковых вентилей являются также кристаллические детекторы, в которых роль полупроводника выполняют естественные или искусственные кристаллы, а роль контактного электрода — металлическая (обычно вольфрамовая) проволока. Начало развития полупроводниковой техники должно быть поэтому отнесено к моменту создания изобретателем радио А. С. Поповым первого грозоотметчика-когерера (фиг. 43), явившегося по существу первым в мире кристаллическим детектором [Л. 263].

Первые широко поставленные исследовательские работы с кристаллическими детекторами были проведены О. В. Лосевым [Л. 264] в Нижегородской радиолaborатории имени В. И. Ленина в 1921—1924 гг. в связи с разработкой и усовершенствованием широко-



Фиг. 43. Кристаллический детектор (когерер) А. С. Попова.

вещательных радиоприемников. В результате этих исследований им было в 1922 г. открыто явление самовозбуждения (регенерации) в схеме с кристаллическим детектором. Регенеративный приемник, разработанный Лосевым, получил название кристадин.

Малая поверхность соприкосновения металла с полупроводником в кристаллических

детекторах ограничивала область их применения весьма малыми токами.

Начало вхождения полупроводниковых вентилях в технику сильного тока было положено разработками меднозакисных (купроксных) вентилях, у которых полупроводником служит слой закиси меди, получаемый при термической обработке медного диска. Вторым контактным слоем в таких вентилях служит свинцовая шайба. Меднозакисные вентиля были впервые созданы Грондалем (США) в 1927 г. Немногом позднее (в 1932 г.) был создан Э. Прессером (Германия) другой тип полупроводниковых вентилях — селеновые. Полупроводником в последнем типе вентилях служит селен, наносимый на стальной или алюминиевый диск и приобретающий кристаллическую структуру после термической обработки. В качестве контактного электрода здесь используется сплав из легкоплавких металлов: кадмия, висмута, а иногда и олова. Кроме названных двух основных типов вентилях, Б. В. Курчатовым в 1938 г. был разработан в ЛФТИ сернисто-медный (сульфидный) вентиль, в котором в качестве полупроводника используется сернистая медь. В последние годы названная номенклатура полупроводниковых вентилях пополнилась новыми типами, в которых в качестве полупроводника используется германий, а в кристаллических детекторах — еще и кремний.

Преимущества, которые несут в себе полупроводниковые вентилях, заключающиеся: 1) в весьма больших сроках службы; 2) в способности работать при значительных изменениях температуры окружающей среды и 3) в крайней нетребовательности к уходу, обеспечили им широкое поле применения в различных областях техники.

Разработка меднозакисных вентилях в Советском Союзе началась в 1928—1929 гг., а селеновых — в 1938 г. Так как главный фактор, определяющий качество вентилях, — состав полупроводника и режим его технологической обработки, держался иностранными фирмами в секрете, то весь путь создания и совершенствования вентилях шел у нас независимо от зарубежной техники.

Решающую роль в проводимых у нас разработках и совершенствовании качества полупроводниковых вентилях имели непрерывно проводившиеся исследования по влиянию отдельных факторов на электрические характеристики вентилях.

Особо большое число научно-исследователь-

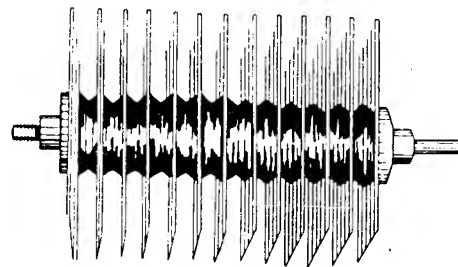
ских работ по полупроводникам и полупроводниковым вентилям было проведено в специализировавшемся по полупроводникам ЛФТИ, возглавлявшемся акад. А. Ф. Иоффе.

Проведенные в этом институте работы [Л. 234, 238 и 242—249] и ряд других много способствовали выяснению физических свойств полупроводников и вентилях, а также развитию теории вентиляхного эффекта, помогая тем самым улучшить качественные показатели промышленных типов вентилях.

Первые разработки в Советском Союзе по меднозакисным вентилям были проведены в 1928 г. в химической лаборатории завода «Светлана» под руководством проф. С. П. Гвоздова с участием В. И. Туркульца [Л. 265], и на заводе «Светлана» был начат малосерийный выпуск таких вентилях (фиг. 44). Спрос на такие вентилях был предъявлен в первую очередь со стороны Народного комиссариата путей сообщения в связи с вводом по плану первой пятилетки автоблокировки на ряде участков железных дорог [Л. 306]. Для работы в наружных устройствах системы автоблокировки и железнодорожной сигнализации меднозакисные вентилях оказались наиболее пригодными в связи с их основными качествами — большим сроком службы и относительно малой чувствительностью к колебаниям окружающей температуры.

Несколько позднее, а именно в 1931 и 1932 гг., меднозакисные вентилях начали также применяться в измерительной технике [Л. 297 и 298], в защитно-релейной технике [Л. 300] и особенно значительное применение они получили в качестве источников питания зарядных устройств [Л. 299].

Введение меднозакисных вентилях в измерительные приборы переменного тока (прибо-



Фиг. 44. Меднозакисный вентиляхный столбик изготовления завода «Светлана».

ры выпрямительного типа) позволило заметно повысить чувствительность приборов благодаря замене менее чувствительного электромагнитного элемента устройства более чувстви-

тельным магнитоэлектрическим элементом. Распространению вентилей в релейной технике способствовали их безинерционность и большое различие в прямом и обратном сопротивлениях.

Высокие электрические параметры и характеристики вентилей были достигнуты не сразу, а в ходе большой и напряженной работы, проводившейся по исследованию полупроводниковой структуры вентилей и влиянию на свойства вентилей различных технологических факторов. Главное внимание в проводившихся изысканиях уделялось: 1) повышению пробивных напряжений; 2) уменьшению обратных токов в непроводящую часть периода; 3) снижению падения напряжения в проводящую часть периода, а также 4) повышению стабильности характеристик вентилей во времени (борьбе со старением).

Экспериментальные работы, обосновывающие пути улучшения технологии, велись в ЛФТИ проф. Д. Н. Наследовым, проф. Л. М. Неменовым [Л. 237], П. В. Шаравским и Ю. А. Дунаевым [Л. 268 и 269].

Правильному истолкованию получаемых экспериментальных результатов и ориентации в дальнейших исканиях путей улучшения вентилей много способствовала разработка теории, правильно трактующей механизм выпрямления тока в полупроводниковых вентилях. Уже после первых экспериментальных работ стало ясно, что теория выпрямления, предложенная голландским физиком Ван-Гелем, явно устарела и не может учитываться при рассмотрении явлений проводимости в запирающем слое полупроводника. На смену этой теории пришла вначале теория, выдвинутая академиками Я. И. Френкелем и А. Ф. Иоффе [Л. 236], а затем В. И. Давыдовым при участии проф. Д. И. Блохинцева [Л. 246 и 248] была создана современная теория вентильного действия, дополненная вскоре С. И. Пекаром [Л. 251 и 253] и А. Ф. Иоффе [Л. 256].

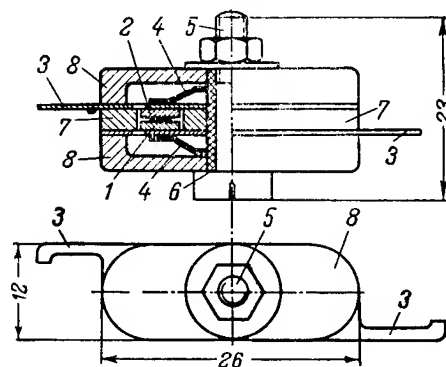
Теоретические и экспериментальные исследования не только способствовали улучшению качества серийно выпускаемых заводом «Светлана» меднозакисных вентилей (дискового типа) с относительно небольшой рабочей поверхностью (диски имели диаметр 41 мм), но и открыли путь к созданию вентилей пластинчатого типа (с размерами пластин  $100 \times 250$  мм). Первые опытные образцы таких вентилей были созданы в 1937—1938 гг. в ЛФТИ А. З. Левинзоном и Ю. А. Дунаевым [Л. 271].

Благодаря своим большим размерам и применению дутьевого охлаждения пластинчатые типы вентилей позволили повысить ток нагрузки на вентиль до 10—15 а вместо 0,4—0,5 а, допускаемых вентилем дискового типа. Вентили пластинчатого типа открыли путь к использованию меднозакисных выпрямителей и в электролизном производстве, где нужны токи до нескольких тысяч ампер.

Большие токи и удельные нагрузки допускает также сернистомедный (сульфидный) вентиль, разработанный в том же институте проф. Б. В. Курчатовым в 1938 г. [Л. 274]. Эти вентили не получили, однако, широкого применения в связи с непреодоленным до сих пор недостатком, заключающимся в невозможности соединять их последовательно для получения требуемых рабочих напряжений.

Меднозакисные вентили на малые токи (фиг. 45), способные работать при повышенных частотах, были начаты разработкой на заводе «Красная заря» в 1938 г. проф. В. Т. Ренне [Л. 270].

В связи с возросшими со стороны большого числа потребителей запросами на меднозакисные выпрямители их производство в конце второй пятилетки было переведено с завода «Светлана» на завод имени Козицкого, где был создан крупный цех по серийному производству меднозакисных вентилей дискового типа, а также опытный цех по изготовлению меднозакисных вентилей пластинчатого типа. Для изготовления деталей к выпрямительным устройствам был создан на этом же заводе ряд вспомогательных цехов. Производство медно-



Фиг. 45. Конструкция меднозакисного вентиля телефонного типа.

1 — медная пластинка с односторонним слоем закиси, покрытая аквадагом поверх закиси; 2 — медная пластинка, не подвергавшаяся термической обработке; 3 — латунные луженые контактные пластинки; 4 — прижимные стальные пружинки; 5 — стягивающий болтик; 6 — изоляционная втулка; 7 — эбонитовая прокладка; 8 — эбонитовый корпус.

закисных вентилях на заводе имени Козицкого развивалось вплоть до начала Великой Отечественной войны.

Начало разработки селеновых вентилях в Советском Союзе было положено работами И. Л. Эристова и Р. Ф. Сивакова, предложивших способ изготовления селеновых вентилях [Л. 272] и проводивших вместе с А. И. Стефановским разработку первых опытных образцов и партий селеновых вентилях (фиг. 46) на заводе имени Коминтерна в 1938 г. [Л. 273].

Этим разработкам предшествовали исследования, проведенные авторами в заводской лаборатории, а также исследования физических свойств селена и других полупроводников, проводившиеся с 1932 г. в ЛФТИ В. П. Жузе [Л. 235], акад. Л. Д. Ландау, и А. Компанейцем [Л. 240], В. Н. Лашкаревым [Л. 252] и др.

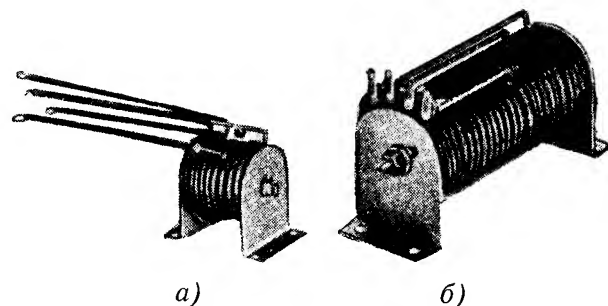
Разработкой и освоением первых опытных партий селеновых вентилях на заводе имени Коминтерна было положено начало их производству в Советском Союзе.

Совещание по полупроводниковым вентилям в Ленинграде в 1941 г. (накануне Великой Отечественной войны) проанализировало достигнутые успехи в разработке разных типов полупроводниковых вентилях и наметило дальнейшие пути их развития. Совещание отметило большие перспективы применения селеновых вентилях в качестве сильноточных в связи с высокими их показателями по удельным весам, электрическим характеристикам и к. п. д. Для измерительных целей рекомендовалось развитие производства меднозакисных вентилях как более стабильных по характеристикам. Правильность принятых решений подтвердилась дальнейшими этапами развития полупроводниковой техники в военные и послевоенные годы.

В связи с нарастающими запросами на селеновые выпрямители в годы Великой Отечественной войны отдельными наркоматами были организованы опытные производства селеновых вентилях и широко проводимые научные исследования: в Кинофотоинституте,—проф. В. Г. Комар, Л. И. Сажин, Н. А. Пенин и Р. Ю. Каден [Л. 279, 287 и 314], в опытном производстве при научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта (ЦНИИ МПС)—А. Воролин и Н. Корчагин [Л. 281], а также в ВЭИ—С. Б. Юдицкий [Л. 282]. На базе разработанных в ВЭИ селеновых вентилях Юдицкий была предложена новая система возбуждения синхронных машин [Л. 306]. Маломощные синхронные гене-

раторы с полупроводниковыми возбудителями были освоены в серийном производстве.

В НИКФИ были разработаны Комаром и Сажиным [Л. 306 и 308] стабилизаторы напряжения и тока с феррорезонансным управлением. В разработанном Кагановым и А. А. Савкичем новом типе бесконтактного быстродей-



Фиг. 46. Первые конструкции селеновых вентилях столбов.

а — выпрямитель 2,5 а, 2 а; б — выпрямитель 43 а, 0,68 а.

ствующего регулятора тока [Л. 309] также нашли свое применение полупроводниковые вентилях.

К числу важнейших разработок, в которых были использованы полупроводниковые вентилях, должны быть также отнесены регуляторы возбуждения с электромагнитным корректором для мощных генераторов, разработанные в Институте электротехники АН УССР проф. В. Л. Иносовым и П. В. Цукерником [Л. 312].

Для удовлетворения широкого спроса потребителей на полупроводниковые вентилях в 1943—1944 г. Министерством промышленности средств связи был создан специализированный завод по выпуску селеновых вентилях для силовых устройств и меднозакисных вентилях измерительного типа. Технология массового производства таких вентилях разрабатывалась А. И. Стефановским, И. Х. Геллером и Н. Я. Яхно [Л. 283].

Большие исследования по новым типам селеновых вентилях были проведены К. Г. Трофимовым в Ташкентском физико-техническом институте АН УзССР [Л. 284]. Эти, а также параллельно проводимые исследования по повышению пробивных напряжений селеновых вентилях на заводе полупроводниковых вентилях явились важным этапом на пути дальнейшего совершенствования качества селеновых вентилях.

На базе выпускаемых селеновых вентиляй были на том же заводе при участии В. А. Белоуса, Г. Л. Перковича и И. И. Ратгауза [Л. 320] разработаны новые типы выпрямительных устройств, нашедших широкое применение в различных отраслях народного хозяйства и в первую очередь для питания радиопередатчиков и зарядных устройств.

Широкое применение полупроводниковых вентиляй в различных областях техники стимулировало работы по совершенствованию существующих типов и отысканию новых типов вентиляй с еще более высокими техническими показателями.

Совершенствование меднозакисных вентиляй шло по пути создания измерительных малогабаритных типов вентиляй [Л. 297], а селеновых вентиляй — под углом зрения повышения рабочих токов на элемент и максимальных значений обратных напряжений, вы-

держиваемых элементом, с целью сокращения числа элементов в комплекте.

Новыми типами вентиляй с более совершенными свойствами явились германиевые и кремниевые. Были разработаны двух-, трех и даже четырехэлектродные германиевые вентиляй, выполняющие те же функции, что и электронные лампы [Л. 288 и 294—296].

Высокие качества германия как полупроводника, обладающего при соответствующей обработке его высокими вентиляйными свойствами, обеспечили его применение в автоматике.

Начало исследованиям по трехэлектродным полупроводниковым вентилям было положено работами О. В. Лосева в 1922 г., разработавшего кристадин [Л. 264]. Работы были продолжены в 1940 г. А. Л. Гореликом [Л. 277], исследовавшим управляемые полупроводниковые сопротивления.

### 3. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Если в годы первой пятилетки и предшествующие ей выпрямительная техника была почти единственным каналом развития промышленной электроники, то уже начиная со второй пятилетки положение начинает меняться. Наряду с выпрямительной техникой начинают расти и развиваться другие важнейшие области применения электроники в промышленности и энергосистемах.

К таким областям, получившим особенно заметное развитие во вторую и третью пятилетки, относятся:

1) электронно-ионные устройства, контролирующие температуру в мало доступных для непосредственного наблюдения местах (металлургические печи, печи по закалке и отжигу); такие устройства получили развитие с 1932 г. [Л. 319, 324];

2) электронно-ионные устройства, контролирующие качество продукции, размеры и структуру изделий, в частности отсутствие в них дефектов, степень механической обработки деталей и т. п.; первые применения такие устройства получили в 1933 г. [Л. 321—331];

3) устройства по дозировке мощности в сварочных устройствах (машины точечной и шовной сварки), получившие развитие с 1934 г. [Л. 220, 221, 222, 327];

4) электронные измерительные приборы,

получившие развитие с 1932 г. [Л. 320, 322, 323, 332, 337 и 339];

5) электронные и ионные регуляторы, получившие применение с 1936 г. [Л. 223, 328 и 333];

6) устройства по индукционному нагреву металлов высокой частоты (закалка, пайка и плавка металлов), получившие развитие с 1938 г. [Л. 330 и 335];

7) электронные и ионные узлы в автоматических системах управления и регулирования близкими и дальними объектами [Л. 224, 225, 329, 331, 332, 339 и 340].

Названные виды устройств непрерывно совершенствовались и масштабы их применения из года в год нарастали соответственно объемным и качественным требованиям технической вооруженности промышленности и энергосистем, предъявлявшимися планами второй и третьей пятилеток.

Война прервала на время развитие таких устройств, но уже в 1945—1946 гг., к моменту завершения перестройки промышленности на мирные нужды, началось вновь интенсивное внедрение электроники в промышленность и энергосистемы.

Плановое начало такому росту было положено Законом о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг., предусматривавшим:

1) обеспечение широкого внедрения в промышленность индивидуального электрического привода;

2) внедрение автоматических поточных линий и агрегатных станков в промышленность;

3) широкое развитие производства аппаратуры автоматического контроля и управления;

4) освоение и развитие производства новейших типов электромашин, высокочастотной аппаратуры, радиоламп, фотоэлементов, кенотронов, ртутных выпрямителей, сварочных машин, реле защиты и автоматики.

Усовершенствование электронной и ионной аппаратуры и массовый ее выпуск в четвертую пятилетку привели к значительному расширению сфер применения электроники в промышленности и энергосистемах.

О многогранности и масштабах внедрения можно судить по классификационной диаграмме роста промышленной электроники (фиг. 47) в четвертую и пятую послевоенные пятилетки [Л. 360].

Выпрямительная техника составляет в приведенной диаграмме лишь одно из разветвлений электронной и ионной преобразовательной техники.

Кроме выпрямления и инвертирования тока, в технику преобразования тока вошло также преобразование частоты, начальные этапы развития которого определились разработками в области ионного привода переменного тока [Л. 149, 178, 180, 182 и 360].

Промышленное применение в годы четвертой пятилетки получил ионный привод постоянного тока. Такой привод с электронно-ионным управлением (система Элир) был разработан в 1946 г. в Научно-исследовательском экспериментальном институте металлорежущих станков (ЭНИМС). Новый привод получил достаточно широкое применение в различного рода станках [Л. 361]. Наиболее мощный ионный привод постоянного тока был осуществлен в 1949 г. на Магнитогорском металлургическом комбинате под руководством лауреатов Сталинской премии В. К. Крапивина, А. П. Баллонова, Я. З. Самойленко, Л. М. Клячкина и др. [Л. 360]. По типу осуществленного привода создаются прокатные станы и на других металлургических заводах.

Ионным приводом с асинхронными двигателями (вентильный каскад), предложенным в 1937 г. Ф. И. Бутаевым и Е. Л. Эттингером, были оборудованы в 1949—1950 гг. крупные прокатные станы на Сталинградском и Челя-

бинском металлургических заводах [Л. 171]. Подобные же установки по разработкам Д. А. Завалишина были созданы в Ленинграде [Л. 180 и 181].

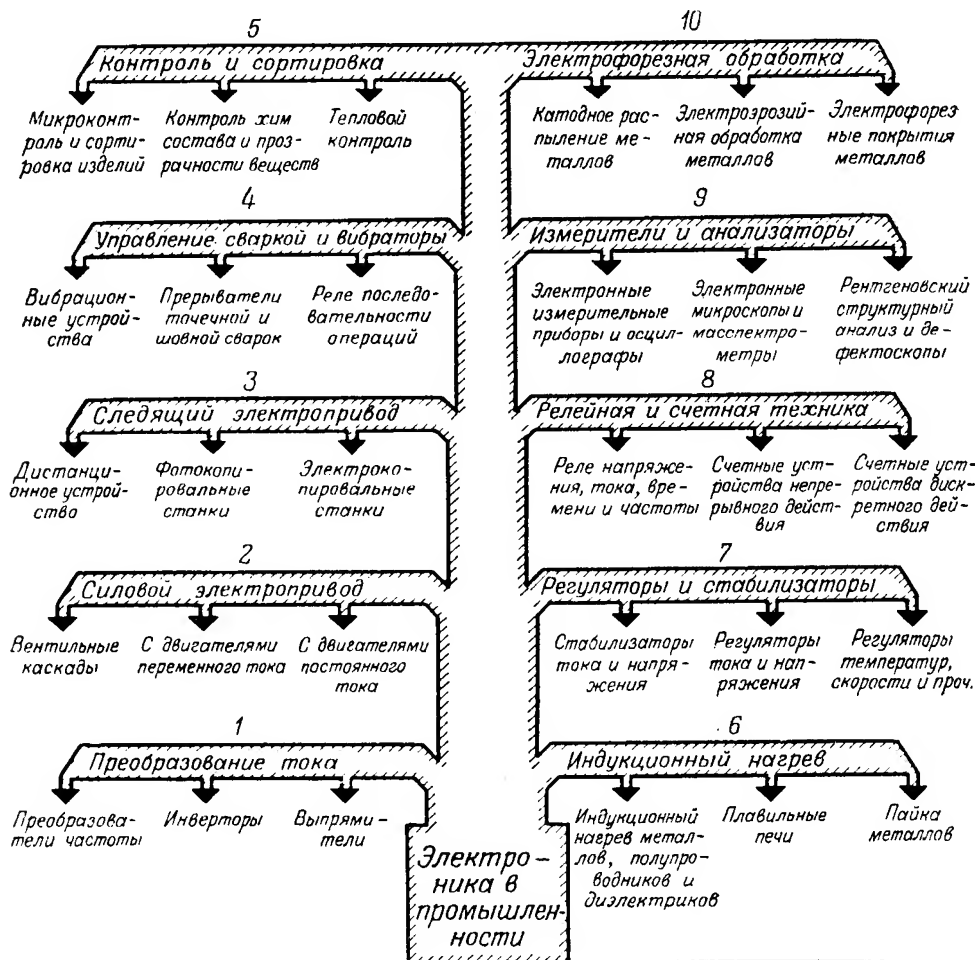
Следящий привод с электронным управлением по системе, разработанной Т. Н. Соколовым и др. [Л. 351], получил свое воплощение в серийно выпускаемых с 1949 г. фрезерных полуавтоматах. Следящий привод с фотокопировальным управлением, разработанным впервые В. С. Вихманом [Л. 329] и усовершенствованным затем в лаборатории треста «Электропривод» А. Е. Телишевским и Л. Р. Меламедом [Л. 350 и 361], получил промышленное применение в газорезущих станках, опытные экземпляры которых были выпущены той же лабораторией.

В сварочных устройствах для управления режимом контактной сварки получили широкое применение электронно-ионные прерыватели, серийно выпускаемые с 1945 г. ленинградским заводом «Электрик» [Л. 360]. Для контроля и сортировки изделий при помощи электронных и ионных устройств нашли применение различного типа автоматы и полуавтоматы. Среди таких приборов наиболее высокие показатели по чувствительности и избирательности показали разработанные в 1949—1951 гг. сотрудником ВЭИ А. И. Бояровым совместно с заводом «Калибр» автоматы, контролирующие и сортирующие по размерам изделия (ролики) с микронной точностью [Л. 361]; в 1953 г. им же были созданы автоматы, контролирующие качество обработки металлургических поверхностей до 11—12-го класса точности. Номенклатура подобных автоматов, базирующихся на электронике, непрерывно расширяется.

Для автоматического контроля за ходом плавки металлов в мартеновских печах А. А. Соколовым [Л. 348] был разработан в МЭИ опытный образец фотоэлектронного логометра, усовершенствованного затем на предприятиях черной металлургии.

Значительный прогресс в технологии обработки металлов, полупроводников и диэлектриков внесло применение высокой и сверхвысокой частот. Первый патент в мировой технике на электрический и индукционный прибор для нагревания и плавления металлов получил в 1907 г. А. Н. Лодыгин. Индукционный нагрев металлов для обезгаживания их при высокой температуре был впервые в 1916 г. применен акад. Н. Д. Папалекси при изготовлении им генераторных ламп. Это опередило гер-





Фиг. 47. Классификационная диаграмма (дерево развития) промышленной электроники.

манский патент на применение индукционного нагрева, впервые полученный в 1918 г.

Применение токов высокой частоты для поверхностного упрочнения металлов было предложено впервые в 1930 г. В. Н. Гевелингом. В 1935 г. по инициативе Б. Н. Романова и Б. И. Орлова были созданы первые установки по поверхностной закалке металлов.

Широкое развитие эти работы получили с 1935 г. в работах чл.-корр. АН СССР В. П. Вологодина [Л. 335], доктора техн. наук Г. И. Бабата и доктора техн. наук М. Г. Лозинского [Л. 330], осуществивших первые опытно-промышленные установки по закалке металлических изделий токами высокой частоты. Для широкого внедрения высокой частоты был создан (в 1947 г.) специальный институт в Ленинграде под руководством Вологодина.

Приоритет в применении токов высокой частоты для высокочастотного нагрева диэлектриков и полупроводников также принадлежит советским ученым. Это касается высокочастотной сушки древесины, тепловой вулканизации каучука, прессовки и полимеризации изделий из пластмасс, а также тепловой обработки продуктов питания [Л. 352].

Первые опыты по высокочастотной сушке древесины токами высокой частоты были проведены в 1930—1934 гг. в Центральном научно-исследовательском институте по механической обработке древесины Н. С. Селюгиным [Л. 352]. Первые работы в СССР по тепловой обработке при вулканизации каучука были проведены П. И. Медведчуком и А. Д. Зайончковским в 1930—1940 гг. [Л. 352].

Первые работы в СССР по применению



токов высокой частоты для изготовления деталей из пластических масс были проведены во Всесоюзном электротехническом институте под руководством проф. Н. В. Александрова, В. И. Калитвянского и В. М. Дегтева [Л. 350]. Ими же разработан специальный тип высокочастотного генератора с полезной мощностью до 5 кВт.

Пионерской разработкой в области применения высокой частоты в области электрического транспорта явилась предложенная Баба-том и испытанная на опытном участке, построенном при Научно-исследовательском институте автомобилестроения и тракторостроения (НАТИ), система высокочастотного бесконтактного электротранспорта [Л. 346].

В энергосистемах получили в четвертую и пятую пятилетки большое развитие высокочастотная связь и ее использование в телеизмерении и телеуправлении. В эти же пятилетки получила свое первоначальное развитие система быстродействующего регулирования возбуждения синхронных генераторов при помощи электронно-ионных регуляторов, разработанных в ВЭИ Г. Р. Герценбергом [Л. 333 и 338], а также регуляторов с электромагнитным корректором напряжения, разработанных в Институте электротехники АН УССР В. Л. Иносовым и П. В. Цукерником [Л. 312].

Крупный прогресс в промышленные и лабораторные исследования состава веществ принесло использование для таких исследований электронных микроскопов и масс-спектрометров [Л. 351]. При помощи их оказалось возможным глубоко проникнуть в тонкости структуры как неорганических, так и органических веществ.

В связи с широкими и все нарастающими масштабами внедрения электроники в промышленность и энергосистемы назрела необхо-

димость расширять в энергетических и электротехнических вузах и техникумах страны объем подготовки инженерных кадров и среднетехнического персонала по электронике. Это расширение шло в двух направлениях. Во-первых, в учебные планы всех электротехнических специальностей был введен специальный курс «Основы электроники» и, во-вторых, в пятую пятилетку в ряде вузов страны (Ленинградский электротехнический институт, Киевский политехнический институт, Таганрогский и Рязанский радиотехнические институты и др.) были организованы специализации по промышленной электронике по типу ранее созданной (в 1943 г.) такой же специальности в Московском энергетическом институте.

Работа в заводских цехах и лабораториях инженеров, знающих электронику, и инженеров, получивших специальную подготовку по промышленной электронике, сильно способствовала дальнейшему внедрению электроники в промышленность и энергосистемы и развитию тем самым существенного элемента в формировании базы высшей техники, являющегося одной из важнейших предпосылок для перехода от социализма к коммунизму.

В сформулированном Г. М. Маленковым в отчетном докладе на XIX партийном съезде положении: «Мы и впредь будем всемерно развивать производительные силы нашей социалистической промышленности как основы могущества нашей Родины и роста материального благосостояния советского народа» (Отчетный доклад XIX съезду партии, Госполитиздат, 1952 г.) и его конкретизации в планах пятой пятилетки заложена конкретная программа действий для всех работников науки и техники, в том числе для того отряда, который призван развивать и углублять применение электроники в промышленности и энергосистемах.

## ЛЕТОПИСЬ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

- 1901 г. Разработка В. Ф. Миткевичем в лаборатории Петербургского политехнического института алюминиевого выпрямителя с электролитом из двууглекислой соли натрия. Разработка и исследование В. Ф. Миткевичем и А. Л. Гершуном однофазной и трехфазной схем питания вентиля с нулевым выводом.
- 1902—1905 гг. Исследование В. Ф. Миткевичем вентильных свойств электрической дуги и установление нового метода определения отношения заряда к массе электрона.
- 1909—1910 гг. Разработка В. И. Коваленковым в лаборатории Петербургского электротехнического института двухэлектродной лампы (диода), триода и тетрода.
- 1915 г. Разработка Боровиком нового типа диффузионного конденсационного насоса высокого вакуума с большой быстротой откачки.
- 1916 г. Разработка Н. Д. Панапексиса метода индукционного нагрева деталей в вакууме, что позволило внести коренные улучшения в технологию производства электровакуумных приборов.
- 1916—1917 гг. Организация М. А. Бонч-Бруевичем в г. Твери первого отечественного производства электронных ламп с вольфрамовым катодом.
- 1919 г. Опубликование М. О. Доливо-Добровольским статьи, посвященной вопросу передачи энергии на далекие расстояния постоянным током, получаемым при помощи ртутных вентилях.
- 1921 г. 1. Разработка В. П. Вологдиным в Нижегородской радиолaborатории первого высоковольтного стеклянного ртутного выпрямителя на 4 000 в и 3 а и введение его в нормальную эксплуатацию на Свердловской радиостанции.  
2. Оформление А. А. Чернышевым 24/V патентной заявки на катод косвенного накала в электронных и ионных приборах. Патент выдан за № 266.  
3. Оформление 18/IX В. П. Вологдиным патентной заявки на каскадную схему выпрямления тока. Патент за № 777 выдан 15/IX 1924 г.
- 1922 г. 1. Оформление 26/IX А. А. Чернышевым заявки на получение патента за № 395 на «Способ генерирования электрических колебаний с помощью ионного прибора с магнитным управлением», что по существу означало инвертирование тока.  
2. Открытие О. В. Лосевым явления самовозбуждения и регенерации в схеме с кристаллическим детектором. Разработка схемы «кристадина».
- 1923 г. Выдача А. Н. Ларнонову 14/IV авторского свидетельства за № 765582 на трехфазную мостовую схему.
- 1924 г. Разработка В. К. Крапивным на Ленинградском заводе «Электросила» первого опытного экземпляра металлического ртутного выпрямителя на ток 200 а и напряжение 300 в.
- 1925—1926 гг. 1. Введение в нормальную эксплуатацию на радиостанции имени Коминтерна стеклянной выпрямительной установки на 16 квт и рабочее напряжение 8 000 в.  
2. Организация на Ленинградском электровакуумном заводе под руководством С. А. Векшинского и К. В. Стахорского производства стеклянных ртутных выпрямителей.
- 1926 г. 1. Организация на заводе «Электросила» цеха по ртутным выпрямителям и выпуск первого промышленного типа ртутного выпрямителя (РВ-5) на ток 500 а и напряжение 500 в.  
2. Разработка на том же заводе первых типов выпрямительных трансформаторов и быстродействующего выключателя конструкции В. К. Крапивина и А. И. Голубева.  
3. Разработка К. Б. Романюком на Ленинградском электровакуумном заводе неоновых выпрямителей тлеющего разряда.
- 1927 г. 1. Организация при ртутно-выпрямительном цехе завода «Электросила» вакуумной лаборатории и бюро по конструированию ртутных выпрямителей.  
2. Начало организации на заводе «Светлана» серийного производства высоковольтных и низковольтных ртутных вентилях и выпрямительных устройств.

- 1928 г. 1. Разработка на заводе «Электросила» всех узлов вакуумной системы ртутных выпрямителей, а также системы зажигания и возбуждения.  
2. Включение в эксплуатацию первой подстанции в г. Княжево, оборудованной отечественными ртутными выпрямителями.  
3. Разработка А. А. Чернышевым натриевого разрядника для защиты линий связи от перенапряжений.
- 1929 г. 1. Организация при руководимой С. А. Векшинским исследовательской лаборатории на заводе «Светлана» отдела газоразрядных приборов.  
2. Выпуск заводом «Электросила» металлического ртутного выпрямителя типа РВ-10 на ток 1 000 а при напряжении 600 в.  
3. Разработка в химической лаборатории завода «Светлана» под руководством С. П. Гвоздова и В. И. Туркульца первых в СССР меднозакисных вентиляей.
- 1930 г. 1. Проведение в газоразрядной лаборатории при ОВЛ завода «Светлана» первых исследовательских работ по приборам с накалинным катодом.  
2. Выпуск заводом «Электросила» металлического ртутного выпрямителя типа РВ-20 на ток 2 000 а при напряжении 600 в.  
3. Организация на заводе «Светлана» цеха по производству меднозакисных вентиляей.
- 1931 г. 1. Создание при газоразрядном отделе лаборатории завода «Светлана» опытного производства газоразрядных приборов.  
2. Выпуск заводом «Электросила» металлического ртутного выпрямителя типа РВ-10 на напряжение 1 650 в и ток 600 а, для электрифицируемого пригородного участка Северной железной дороги.  
3. Разработка Н. Д. Девятковым защитных разрядников для линий связи.  
4. Разработка в исследовательской лаборатории при заводе «Светлана» первых полупромышленных типов газотронов на токи 0,5; 1 и 3 а среднего значения.  
5. Проведение в Физико-техническом институте под руководством А. Ф. Иоффе первых исследований по проводимости полупроводников при разных концентрациях примеси в них.
- 1932 г. 1. Организация при Всесоюзном электротехническом институте под руководством К. А. Круга лаборатории ртутных выпрямителей и объединение в этом институте электровакуумных и физических лабораторий в отдел электровакуумной техники.  
2. Выпуск заводом «Электросила» ртутного выпрямителя типа РВ-20 на напряжение 1 650 в и ток 900 а.  
3. Выпуск опытным цехом при исследовательской лаборатории завода «Светлана» газотронов на токи до 4 а среднего значения с ртутным наполнением и тунгаров до 10 а.  
4. Создание Я. И. Френкелем и А. Ф. Иоффе первой теории выпрямления тока при соприкосновении металла с полупроводником.
- 1933 г. 1. Организация при заводе «Светлана» цеха по производству ионных приборов с накалинным катодом.  
2. Выпуск заводом «Электросила» выпрямителей типа РВ-20 на напряжение 825 в и ток 1 750 а для Московского метрополитена и выпрямителей того же типа на напряжение 3 300 в и ток 600 а для электрификации железных дорог Московского узла.  
3. Частичное перенесение выпуска выпрямительных трансформаторов с завода «Электросила» на Московский трансформаторный завод (МТЗ) имени В. В. Куйбышева.  
4. Проведение в газоразрядной лаборатории ВЭИ и лаборатории завода «Светлана» первых разработок по отечественным типам тиратронов.  
5. Разработка в ВЭИ И. Д. Школиным ртутно-струйного выпрямителя.  
6. Проведение Н. Д. Наследовым и Л. М. Неменовым широких исследований по характеру проводимости закиси меди и других физических свойств меднозакисных вентиляей и вентиляных фотоэлементов.  
7. Проведение в отделе ртутных выпрямителей ВЭИ первых исследований режимов работы сеток в ртутных вентиляях.  
8. Выдача авторского свидетельства Г. И. Бабату на усовершенствование схем питания управляемых сетками вентиляей путем введения дополнительного (нулевого) вентиля.
- 1934 г. 1. Разработка заводом «Электросила» первого опытного типа ртутного выпрямителя с управляющей сеткой.  
2. Расширение шкалы выпускаемых заводом «Светлана» промышленных типов газотронов на токи до 40 а максимального значения и выпуск первых промышленных типов тиратронов на максимальные токи до 10 а.  
3. Разработка С. И. Рудковским и выпуск ОВЛ завода «Светлана» стабилизаторов напряжения тлеющего разряда.  
4. Начало широкого внедрения меднозакисных вентиляей в системы железнодорожной автоблокировки.  
5. Проведение в лаборатории при цехе р. в. завода «Электросила» Н. И. Петуховым и М. А. Асташевым исследований по сеточным режимам ртутных выпрямителей.  
6. Проведение Г. И. Бабатом на заводе «Светлана» исследований по предложенным им схемам питания ионных вентиляей с нулевым анодом, а также каскадным схемам.

1935 г.

1. Разработка и изготовление заводом «Электросила» первых опытных образцов выпрямителя типа РВ-70 на ток 5 000 а и напряжение 825 в и узлов выпрямителя РВ-1/150 на напряжение 12 кв и ток 100 а, предназначенного для установки на радиопередающих станциях.
2. Разработка на заводе «Светлана» многосекционного высоковольтного газотрона на 110—150 кв и токи до 1 а для питания рентгеновских устройств.
3. Разработка в лаборатории Ленинградского электротехнического института М. А. Спицыным устройств по автоматическому регулированию высоковольтных ртутных вентилях.
4. Разработка и изготовление в ВЭИ при участии Л. П. Мелешкиной первых типов стеклянных игнитронов и передача технологии производства полупроводниковых зажигателей заводу «Светлана».
5. Проведение в ВЭИ И. Л. Кагановым и М. И. Котылевым первых экспериментальных работ (с вентилями большой мощности) по инвертированию тока (преобразованию постоянного тока в переменный).
6. Разработка в ВЭИ при участии И. Л. Рубинштейна и В. Л. Савицкого схем сеточного управления и сеточной защиты ртутных вентилях с управляющими сетками.
7. Разработка Б. Н. Тихменевым, Д. А. Завалишиным, О. Г. Вегнером, О. И. Губановым, Ф. И. Бутаевым и др. ряда типов вентильных двигателей.
8. Проведение Л. Д. Ландау и А. Компанейцем исследований по влиянию сильного поля на проводимость полупроводников.

1936 г.

1. Разработка заводом «Электросила» выпрямителя типа РВ-40 на ток 2 900 а при напряжении 825 в с управляющими сетками.
2. Разработка на Московском трансформаторном заводе ртутно-выпрямительных трансформаторов с повышенной электродинамической прочностью, более устойчивых к обратным зажиганиям.
3. Разработка Г. И. Бабатом и Р. П. Жержериним ионно-конвекционного генератора и проведение в лабораториях завода «Светлана» первых исследовательских работ с таким генератором.
4. Выдача Г. И. Бабату патентов за № 48760 и 48762 на схемы с искусственной коммутацией тока.
5. Освоение на заводе «Светлана» промышленного выпуска мощных типов газотронов на максимальные токи до 40 а. Разработка Отраслевой вакуумной лабораторией (ОВЛ) этого завода и выпуск опытным цехом лаборатории малых серий тиратронов с ртутным и газовым наполнением на токи до 40 а максимального значения.

1937 г.

6. Разработка цехом ионных источников света Московского лампового завода первых типов световых индикаторов тлеющего разряда.
7. Разработка в ВЭИ под руководством Г. Р. Герценберга и Л. С. Гольдфарба электронных регуляторов напряжения постоянного и переменного тока.
1. Изготовление на заводе «Электросила» крупной серии выпрямителей типа РВ-70.
2. Комплектная сборка и проведение предварительных испытаний в лаборатории ЛЭТИ под руководством В. П. Вологодина высоковольтного вентиля на рабочее напряжение 12 кв (изготовленного на заводе «Электросила»).
3. Разработка первых опытных экземпляров стеклянных игнитронов на заводе «Светлана».
4. Развитие работ в ЛЭТИ под руководством В. П. Вологодина и на заводе «Светлана» под руководством Г. И. Бабата и М. Г. Лозинского по применению токов высокой частоты для поверхностной закалки сталей.
5. Проектирование на заводе «Динамо» первого опытного электровоза однофазного постоянного тока с ртутными преобразователями.
6. Совместная разработка ВЭИ и Горным институтом и введение в эксплуатацию ртутно-преобразовательной установки для питания подъемной шахтной машины.
7. Организация на Ленинградском заводе имени Козицкого серийного производства меднозакисных вентилях дискового и пластинчатого типов.
8. Проведение П. В. Шаравским в Физико-техническом институте и В. Т. Ренне на заводе «Красная заря» серии исследований по характеристикам меднозакисных вентилях.
9. Оформление Ф. И. Бутаевым и Е. Л. Эттингером заявки на вентильный каскад.

1938 г.

1. Выпуск заводом «Электросила» нового усовершенствованного типа быстродействующего автомата типа ВАВ системы А. И. Голубева.
2. Изготовление и выпуск опытным заводом ВЭИ шестианодного металлического игнитрона на ток 1 000 а и напряжение 600 в и двух анодных игнитронов сварочного типа на ток 200 а.
3. Выпуск заводом «Светлана» первых промышленных типов стеклянных игнитронов.
4. Разработка ОВЛ при заводе «Светлана» Ф. Н. Хараджа, В. И. Раковым и К. И. Фетисовым опытных типов многосекционных газотронов на напряжения 100—200 кв и токи 1—2 а.
5. Выдача И. Л. Эристову и Р. Ф. Сивакову авторского свидетельства за № 55356 на разработку технологии производства селеновых вентилях. Разработка на Ленинградском заводе имени

- Коминтерна первых типов селеновых вентиляей.
- 1939 г.
6. Разработка В. Б. Курчатовым в Физико-техническом институте опытных образцов сернисто-медных вентиляей.
  7. Разработка Б. И. Давыдовым современной теории вентиляльного действия полупроводниковых вентиляей.
  8. Проведение на страницах журнала «Электричество» широкой дискуссии по вопросу о передаче энергии с Куйбышевской ГЭС постоянным током.
  1. Изготовление Ленинградским заводом «Электросила» наиболее крупных в мире по мощности ртутных выпрямителей типа РВ-50 на напряжение 1 500 в и ток 4 000 а для установки на Чирчикском химическом комбинате.
  2. Разработка на заводе «Светлана» стекляннно-металлических игнитронов сварочного типа.
  3. Разработка в ВЭИ новых схем сеточного управления и сеточной защиты.
  4. Разработка Д. А. Завалишиным схемы ионного преобразователя частоты.
  5. Разработка в Научно-исследовательском фотокино-институте:
    - а) селенового выпрямительного устройства с феррорезонансным стабилизатором напряжения;
    - б) игнитронного выпрямительного устройства.
  6. Дополнение С. И. Пекаром современной теории механизма выпрямления полупроводниковых вентиляей.
- 1940 г.
1. Изготовление заводом «Электросила» серии ртутных выпрямителей типа РВ-50 для Днепровского и Кандалакшского алюминиевых заводов.
  2. Разработка и выпуск Московским трансформаторным заводом (МТЗ) серии мощных трансформаторов для питания ртутно-выпрямительных агрегатов, устанавливаемых на подстанциях электролизных заводов.
  3. Проведение в Научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта (НИИЖТ) типовых испытаний ртутно-выпрямительного агрегата типа РВ-20 на напряжения 1 500 и 3 000 в.
  4. Опубликование в сборнике трудов ВЭИ сводных результатов работ, выполненных:
    - а) Б. Н. Клярфельдом — по исследованию свойств положительного столба разряда в приборах с накаливаемым и ртутным катодом;
    - б) В. Л. Грановским — по деионизации разрядного промежутка в ионных приборах;
    - в) В. А. Фабрикантом — по оптическим свойствам разряда и законам образования метастабильных атомов.
  5. Разработка в ВЭИ под руководством Ю. В. Буткевича дугового вентиля высокого давления для целей передачи энергии на далекие расстояния.
  6. Разработка, изготовление и испытание в ВЭИ высоковольтного ртутного выпрямителя на 11 кв и 100 а при участии М. И. Гальдина и И. В. Антика для питания мощных радиостанций.
  7. Выпуск заводом «Светлана» первой промышленной серии стекляннно-металлических высоковольтных игнитронов на рабочее напряжение 5 000 в и средний ток 100 а.
  8. Разработка Т. Б. Фогельсон на заводе «Светлана» триода тлеющего разряда.
  9. Разработка С. Б. Юдицким системы возбуждения маломощных синхронных машин через полупроводниковые вентиля и Б. П. Апаровым схем возбуждения синхронных генераторов большой мощности через ионные аппараты.
  10. Проведение А. Л. Гореликом первых работ с управляемыми полупроводниковыми сопротивлениями, явившихся вместе с предшествующей ей работой О. В. Лосева началом разработки полупроводниковых триодов.
  11. Проведение ряда исследовательских этапов по усовершенствованию технологии производства селеновых вентиляей в Ленинградском физико-техническом институте (А. З. Левинзон и Г. П. Павлов) и в НИКФИ (В. Г. Комар, Н. П. Пенин и Л. И. Сажин).
  12. Получение М. Гуртовой и Г. Коваленко динамических устойчивых пленок цезия, позволяющих создать новый тип активного катода.
- 1941 г.
1. Разработка в ВЭИ при участии В. Л. Савицкого, И. Д. Школина, Ф. И. Бутасова и Е. Л. Эттингера опытного экземпляра одноанодного вентиля с дугой возбуждения на ток 200 а и напряжение 600 в.
  2. Разработка в ВЭИ экранированных и двухсеточных тиратронов с ртутным и газовым наполнением.
  3. Проведение В. Т. Ренне и А. В. Богдановым на заводе «Красная заря» разработки высокочастотных меднозакисных вентиляей с повышенной стабильностью.
  4. Проведение Наркоматом электропромышленности конференции по полупроводниковым вентилям в Ленинграде.
  5. Перебазировка основной части производства ртутных выпрямителей завода «Электросила» на завод «Уралэлектр-аппарат» в связи с Великой Отечественной войной.
  6. Оформление И. Л. Кагановым заявок на искусственную коммутацию в выпрямителях и инверторах, работающих в схемах с уравнивающей катушкой и мостовой. Авторские свидетельства за № 64084, 64126 и 64160 выданы 31/1 1941 г.
  7. Разработка в ЛФТИ селеновых вентиляей с искусственным запирающим слоем, обеспечивающим повышенные значения обратного напряжения.

- 1942 г.
1. Разработка и изготовление при участии В. Л. Савицкого, Ф. И. Бутаева и Е. Л. Эттингера первой серии одноанодных вентилях с током в вентиле 200 а для подмосковного угольного бассейна.
  2. Введение в эксплуатацию на Всехсвятской подстанции Пермской железной дороги игнитронов.
  3. Организация в ВЭИ лаборатории под руководством С. Б. Юдицкого по разработке селеновых вентилях и выпрямительных устройств.
  4. Организация опытного производства селеновых вентилях при лаборатории силовых устройств НИКФИ.
  5. Разработка бригадой ВЭИ на Урале в составе И. Л. Каганова и А. А. Саковича быстродействующего бесконтактного регулятора для автоматического регулирования напряжения выпрямителей, питающих ванны для электролиза алюминия.
  6. Разработка на Урале силами бригады ВЭИ в составе И. Л. Каганова, А. А. Саковича и И. В. Антика первых опытных одноанодных вентилях с током в вентиле 500 а.
- 1943 г.
1. Разработка первого опытного экземпляра одноанодного ртутного вентильного комплекта с током в вентиле 500 а в ВЭИ.
  2. Разработка малой серии мощных стекляннно-металлических игнитронов на напряжение 5000 в.
  3. Разработка в Экспериментальном научно-исследовательском институте машиностроения и станкостроения ионного электропривода с электронным управлением.
  4. Организация в Московском энергетическом институте кафедры по ионно-преобразовательной технике (переименованной впоследствии в кафедру «Промышленная электроника»).
  5. Утверждение шкалы типов по ртутным выпрямителям.
  6. Оформление А. Г. Ивахненко заявки на устройство для автоматического регулирования скорости асинхронного двигателя.
- 1944 г.
1. Разработка на заводе «Уралэлектроаппарат» опытных экземпляров ртутно-выпрямительных комплектов типа РМНВ-500×6 для установки в пробную эксплуатацию на подстанциях Московского метрополитена и Уральского алюминиевого завода.
  2. Организация производства полупроводниковых вентилях.
  3. Организация опытного производства селеновых вентилях при ЦНИИ МПС.
  4. Организация производства по приборам тлеющего разряда и низковольтным разрядникам для защиты линий связи от перенапряжений.
  5. Разработка в ВЭИ под руководством Б. Н. Клярфельда и выпуск малых серий тригатронов.
  6. Начало модернизации основных типов тиратронов с целью увеличения срока службы приборов и стабильности их работы.
  7. Разработка В. Г. Комаром в лаборатории промышленной электроники МЭИ новых типов стабилизаторов напряжения и тока с феррорезонансным управлением дросселями насыщения.
- 1945 г.
1. Введение на заводе «Уралэлектроаппарат» в строй крупнейшего в Союзе цеха по производству ртутных выпрямителей и всех вспомогательных к нему элементов оборудования.
  2. Изготовление в ВЭИ серии одноанодных выпрямителей типа РМНВ-500/6 для мощной вентиляторной установки.
  3. Проведение в ВЭИ под руководством В. Л. Грановского исследований по пробой и обратным зажиганиям в сверхвысоковольтном вентиле.
  4. Проведение коренного усовершенствования производства селеновых и медно-закисных вентилях измерительного типа.
  5. Проведение в лаборатории промышленной электроники МЭИ обобщающих исследований режима работы сеток и сеточных цепей в ртутных вентилях и разработка на основе этих исследований конструктивной разработки сеточного узла у двухсеточных вентилях.
  6. Разработка Г. И. Бабатом новой системы высокочастотного бесконтактного электротранспорта и проведение в НАТИ первых опытных исследований с такой системой.
  7. Разработка и внедрение в электропривод электронно-ионных систем управления типа Элир.
- 1946 г.
1. Организация в системе Министерства электростанций Института постоянного тока для разработки проблем дальних линий передачи на постоянном токе.
  2. Разработки в ВЭИ первых типов сверхвысоковольтных вентилях.
  3. Организация серийного выпуска заводом «Уралэлектроаппарат» одноанодных ртутных вентилях типов РМНВ-500×6 и РМНВ-500×12 для подстанций электрифицируемых железных дорог и подстанций электрохимической и электрометаллургической промышленности.
  4. Проведение в лаборатории МЭИ исследований по инвертору с высоким коэффициентом мощности для целей передачи энергии на далекие расстояния.
- 1947 г.
1. Организация на заводе «Уралэлектроаппарат» серийного выпуска одноанодных вентильных комплектов типа РМНВ-500×12.
  2. Разработка и изготовление в ВЭИ первых промышленных типов многоанодных отпаянных (безнасосных) вентилях с воздушным охлаждением для подмосковного угольного бассейна.

- 1948 г.
3. Введение в промышленную эксплуатацию на Сталинградском заводе «Красный Октябрь» вентильного преобразователя, выполненного по схеме Ф. И. Бутаева и Е. Л. Эттингера.
  4. Выпуск первой серии синхронных машин с полупроводниковыми возбудителями по системе С. Б. Юдицкого.
  5. Разработка и организация промышленного выпуска на заводе «Электрик» сварочных машин для точечной и швовой сварки с индукционными прерывателями.
  6. Разработка К. Г. Трофимовым в лаборатории АН УзССР новых типов высоковольтных алюминиево-селеновых вентилях.
  7. Разработка в ВЭИ под руководством А. И. Боярова и внедрение в эксплуатацию электронного устройства по микроконтролю размеров изделий.
  1. Разработка и изготовление в ВЭИ первых типов сверхвысоковольтных вентилях.
  2. Проведение в ВЭИ работы по усовершенствованию полупроводниковых зажигателей для индукционных и изготовление малой серии цельнометаллических индукционных.
  5. Переход на вакуумный метод изготовления селеновых вентилях.

6. Техническая реализация Н. Д. Моргулисом и П. Марчуком идеи создания низковольтного типа газотрона.
7. Внедрение селеновых выпрямительных устройств для питания аккумуляторов на шахтных электровозах.

1949 г.

1. Внедрение в опытную эксплуатацию первой полупромышленной установки по передаче энергии на далекие расстояния.
2. Разработка в институте Министерства средств связи отечественных германиевых диодов.
3. Разработка и внедрение в эксплуатацию на одном из листопрокатных станков Магнитогорского металлургического комбината ионного привода.
4. Разработка и внедрение в станкостроение фрезерных полуавтоматов с электронно-ионной системой управления системы Соколова.
5. Внедрение высокочастотного нагрева для сушки древесины и изготовления полупроводников и диэлектриков.
6. Разработка в Институте электротехники АН УССР регуляторов по системе В. Л. Иносова и П. В. Цукерника и широкое внедрение их на электростанциях Советского Союза.



## ЛИТЕРАТУРА

### По разделу: Выпрямительная техника до Великой Октябрьской социалистической революции

1. В. Ф. Миткевич, Аллюминиевый выпрямитель переменного тока и его применение, „Электричество“, 1901, № 2 и 3.
2. А. Л. Гершун, Некоторые свойства выпрямленного переменного тока, „Электричество“, 1901, № 22.
3. В. Ф. Миткевич, К вопросу об обратной электродвижущей силе вольтовой дуги, ЖРФХОФ, 1902, т. 34, № 5.
4. В. Ф. Миткевич, К вопросу о механизме вольтовой дуги, ЖРФХОФ, 1903, т. 35, № 5; 1930, т. 35, № 9; „Электричество“, 1903, № 18.
5. З. Залкинд, Современные воззрения на проводимость газов, „Электричество“, 1904, № 17.
6. В. Ф. Миткевич, О наименьшей электродвижущей силе, необходимой для питания вольтовой дуги, ЖРФХОФ, 1904, т. 36, № 8.
7. С. О. Майзель, К вопросу о зажигании дуги, „Электричество“, 1904, № 11—12.
8. В. Ф. Миткевич, Об обратной электродвижущей силе вольтовой дуги, ЖРФХОФ, 1904, т. 36, № 1.
9. В. Ф. Миткевич, О вольтовой дуге, „Известия С.-Петербургского политехнического института“, 1905, т. 4, № 1—2.
10. Теория дуги переменного тока и ее применение (обзорная статья), „Электричество“, 1906, № 20.
11. Теория дуги переменного тока и ее применение (обзорная статья), „Электричество“, 1906, № 22.
12. Ртутные выпрямители переменного тока (обзорная статья), „Электричество“, 1911, № 5 (Приложение — Труды 6-го Всероссийского электротехнического съезда).
13. А. Б. Лебедев, Постоянный ток высокого напряжения в области электрической тяги, „Электричество“, 1915, № 9.
14. В. К. Лебединский, Электричество при раскании, „Электричество“, 1916, № 11.
15. Я. А. Шнейберг, О батарее Петрова и его опытах с электрической дугой и разрядом в вакууме, „Электричество“, 1953, № 11.

### По разделу: Ионно-преобразовательная техника после Великой Октябрьской революции

#### а) Ртутные вентили с дугой возбуждения

16. А. А. Котомин, Ртутные выпрямители больших мощностей (обзорная статья), „Электричество“, 1924, № 12.
17. В. К. Крапивин, Производство ртутных выпрямителей большой мощности на заводе „Электросила“, „Электричество“, 1925, № 10.

4 И. П. Каганов

18. С. И. Курбатов, Ртутные выпрямители, Госиздат, 1927.
19. В. К. Крапивин, Ртутные выпрямители большой мощности завода „Электросила“, „Известия ГЭТ“, 1928, № 3.
20. И. Л. Каганов, Выпрямители ГЭТ, „Известия ГЭТ“, 1929, № 7—8.
21. Я. Л. Михелис, Обратные зажигания ртутных выпрямителей и меры борьбы с ними, „Известия ГЭТ“, 1929, № 7—8.
22. В. П. Вологдин, Высоковольтные ртутные выпрямители, Изд. НКТП, 1929.
23. В. П. Вологдин, Высоковольтные ртутные выпрямители, Изд. Наркомпочтеля, 1932.
24. Б. Н. Клярфельд, Потенциал зажигания гелия, неона и аргона в присутствии паров ртути, ЖТФ, 1932, т. II, № 7—8.
25. Д. П. Немудров и А. П. Стволин, Ртутный выпрямитель с управляющей сеткой, ЖТФ, 1933, т. III, № 4.
26. Н. А. Капцов, Физические явления в вакууме и газах, Государственное технико-теоретическое издательство, 1933.
27. М. М. Четверикова, Управляемая электрическим полем сетка в ртутном преобразователе, „Электричество“, 1933, № 12.
28. В. Ф. Коваленко, Д. А. Рожанский и Л. А. Сена, Ионный ток в зондовых характеристиках, ЖТФ, 1934, т. IV, № 9.
29. Н. А. Капцов, Закон нарастания электронной лавины и подсчет тока несамостоятельного разряда в газе, ЖЭТФ, 1934, т. 4, стр. 465.
30. Н. Н. Петухов и М. А. Асташев, Опыты с ртутным выпрямителем, управляемым с помощью сеток, „Электричество“, 1934, № 3.
31. Н. И. Протопопов, Охлаждение ртутных выпрямителей циркуляционной водой при помощи охладителя поверхностно циркуляционного типа, „Электричество“, 1934, № 2.
32. Л. М. Клячкин, Ртутный выпрямитель на 3000 в, „Электрификация железнодорожного транспорта“, 1934, № 10.
33. О. Н. Глазычев, Советские ртутные выпрямители, ОНТИ, 1935.
34. Т. М. Свиридов и М. М. Четверикова, Сеточный ток в управляемом ртутном выпрямителе, „Электричество“, 1935, № 6.
35. А. В. Красилов, Стеклоплатные ртутные выпрямители (справочник), Главэспром, 1936.

36. Г. В. Спивак и Э. М. Рейхрудель. К общей теории тока на зонд, помещенный в газовый разряд, ЖЭТФ, 1936, т. 6, стр. 816.
37. В. П. Вологдин, Выпрямители, ОНТИ, 1936.
38. И. Л. Каганов, Электронные и ионные преобразователи тока, ГЭИ, 1937.
39. Л. М. Клячкин, Я. Л. Михелис, Выпрямители большой мощности завода „Электросила“ имени Кирова, „Электричество“, 1937, № 7.
40. М. А. Спицын, Советский высоковольтный металлический ртутный выпрямитель большой мощности, ИЭСТ, 1937, № 3.
41. Д. А. Рожанский, Физика газового разряда ОНТИ, 1937.
42. В. И. Дроздов и И. М. Кенин, Падение в дуге металлического ртутного выпрямителя, „Электричество“, 1937, № 7.
43. В. И. Дроздов, И. М. Кенин и Н. Н. Петухов, Распределение потенциала в дуге металлического ртутного выпрямителя, „Электричество“, 1937, № 7.
44. Н. Н. Петухов, Обратный ток в металлическом ртутном выпрямителе, „Электричество“, 1937, № 7.
45. Н. Н. Петухов, Токи деионизации в металлическом ртутном выпрямителе, „Электричество“, 1937, № 9—10.
46. В. А. Никитин, Технические условия на выпрямительные устройства со стеклянными ртутными выпрямителями, Наркомаш — Главэлектротром, Л, 1938.
47. Б. Н. Клярфельд, Положительный столб газового разряда, ЖТФ, 1938, т. VIII, № 22—23.
48. В. Л. Грановский, Б. Н. Клярфельд и В. А. Фабрикант, О неправильном применении методов зонда в газовом разряде, ЖТФ, 1938, т. VIII, № 10.
49. В. И. Дроздов, Анодное падение и температура анода металлического ртутного выпрямителя, „Электричество“, 1938, № 2.
50. В. А. Фабрикант, К количественной теории возбуждения атомов в газовом разряде, ЖЭТФ, 1938, т. 8, № 5.
51. С. Д. Гвоздовер, О градиенте потенциала в положительном столбе, ЖЭТФ, 1938, т. 8, стр. 163.
52. М. А. Спицын, Ионные управляемые выпрямители, Связьрадиоиздат, 1938.
53. Л. М. Клячкин и Я. Л. Михелис, Металлические ртутные выпрямители (Технический справочник), Контора справочников и каталогов Наркомаша, 1938.
54. А. А. Шапошников, Электронные и ионные приборы, Связьтехиздат, 1938.
55. В. К. Крапивин, Современные ртутные выпрямители, „Электричество“, 1939, № 6.
56. Я. Л. Михелис, Ртутные выпрямители, Трансжелдориздат, 1939.
57. М. Д. Габович, Обратные зажигания в ртутном выпрямителе, ЖТФ, 1939, т. IX, № 23.
58. Н. Н. Петухов и В. И. Дроздов, Условия разрыва дуги металлического ртутного выпрямителя, „Электричество“, 1939, № 6.
59. Б. М. Шляпошников, Термины, определения и обозначения в области выпрямления переменного тока, Изд. завода „Светлана“, 1940.
60. Б. М. Шляпошников и Н. Н. Хлебников, Исследования ртутных выпрямителей со стеклянными колбами, „Труды Ленинградского индустриального института, 1940, № 3.
61. И. Л. Каганов, Электронные и ионные преобразователи, Госэнергоиздат, 1940.
62. В. К. Крапивин, М. А. Асташев и Е. М. Глух, Металлические ртутные выпрямители и трансформаторы к ним завода „Электросила“, ВЭП, 1940, № 1.
63. Н. М. Фетисов и М. Д. Трейвас, Испытание ртутно-выпрямительного агрегата, „Труды ЦНИИ МПС“, вып. 90, Трансжелдориздат, 1940.
64. А. М. Шемяев, О сорбции газа стеклом, „Бюллетень ВЭИ“, 1940, № 9.
65. В. Л. Грановский и Е. В. Мерзлоухова, Измерения обратных токов в ионных приборах, ЖТФ, 1940, т. X, № 23—24.
66. Б. М. Шляпошников, Основные данные и характеристики электрических вентилях, ИЭСТ, 1941, № 5.
67. П. В. Тимофеев (редактор), Электронные и ионные приборы (сборник), Госэнергоиздат, 1941.
68. Н. Н. Петухов, Об обратных зажиганиях в ртутных выпрямителях, ЖТФ, 1941, т. XI, стр. 235.
69. И. В. Антик, Ф. И. Бутаев и Е. Л. Эттингер, Одноанодные ртутные выпрямители, ВЭП, 1942, № 4—5.
70. А. И. Бертинов, Л. М. Трахтман, Перспективы развития выпрямительного строения в СССР и выбор шкалы типов, ВЭП, 1943, № 10—11.
71. В. Л. Грановский, Распад плазмы электрического разряда низкого давления, ЖТФ, 1943, т. XIII, стр. 1363.
72. В. Л. Грановский, Л. М. Ревердатто, Обратные токи многоанодного ртутного выпрямителя, ЖТФ, 1944, т. XIV, № 6.
73. В. Л. Грановский и Л. М. Ревердатто, Некоторые явления в дуге ртутного выпрямителя, снабженного сетками, ЖТФ, 1944, т. XIV, № 6.
74. А. А. Иванов, Электровакуумная технология, Госэнергоиздат, 1944.
75. Л. М. Трахтман, Перспективы развития выпрямительного строения в СССР, „Электричество“, 1944, № 1.
76. И. Н. Фалеев, Производство ртутных выпрямителей на Урале, ВЭП, 1944, № 8—9.
77. И. Н. Фалеев, Многоцилиндровые ртутные выпрямители большой мощности, ВЭП, 1945, № 9.
78. В. Л. Савицкий, Мощный одноанодный ртутный выпрямитель, „Электричество“, 1946, № 11.
79. Б. Н. Клярфельд и В. Д. Соболев, Катодная область, ртутной дуги ЖТФ, 1947, т. XVII, № 3.
80. Н. А. Капцов, Электрические явления в вакууме и газах, ГТТИ, 1947.
81. И. Д. Школин, Индукционный зажигатель ртутных выпрямителей, „Электричество“, 1948, № 5.
82. Г. А. Тягунов, Основы расчета вакуумных систем, Госэнергоиздат, 1948.
83. Л. А. Сена, Столкновения электронов и ионов с атомами газа, ГТТИ, 1948.
84. К. И. Крылов, Физические основы электровакуумной техники, Госэнергоиздат, 1949.
85. В. К. Крапивин, И. Н. Фалеев и Е. М. Глух, Металлические ртутные выпрямители, изготавливаемые заводом „Уралэлектроаппарат“ МЭП СССР, Госэнергоиздат, 1951.
86. В. Д. Андреев, Л. Е. Левина и Б. Г. Менделев, Распределение электрического поля в трехэлектродной газоразрядной трубке при большом обратном напряжении, ЖТФ, 1951, т. XXI, № 2.

87. Р. Я. Барская, Н. А. Денисюк и Л. А. Сена, Распределение плотности ртутного пара при наличии испаряющейся и конденсирующейся поверхности жидкой ртути, ЖТФ, 1951, т. XXI, № 9.

88. В. Л. Грановский, Об установившемся испарении жидкости при различных температурах испарения и конденсации, ЖТФ, 1951, т. XXI, № 9.

89. В. Л. Грановский, Электрический ток в газе, ч. 1, ГИТТЛ, 1952.

90. Г. В. Спивак, И. Н. Прилежаева и И. О. Савочкина, О природе катодного распыления металлов, ЖТФ, 1953, т. XXIII № 2.

91. Н. А. Капцов, Электроника, ГЭИ, 1953.

#### б) Игнитроны

92. А. В. Красилов, Новые методы возбуждения разряда в парах ртути, "Электричество", 1934, № 11.

93. Л. П. Мелешкина, Развитие игнитрона, "Бюллетень ВЭИ", 1935, № 5.

94. Д. К. Уайт и Л. П. Мелешкина, Стекланный игнайatron, "Бюллетень ВЭИ", 1935, № 12.

95. Д. К. Уайт, Шестиганодный мощный игнитрон советского производства, "Электричество", 1939, № 2.

96. Д. К. Уайт и В. В. Ригрод, Сварочный игнитрон большой мощности, "Электричество", 1939, № 2.

97. В. Г. Комар, Новая схема зажигания игнитронов с насыщенными дросселями, "Электричество", 1939, № 2.

98. А. М. Шерешевский, Новые конструкции игнитронов, ИЭСТ, 1940, № 12.

99. Ю. Д. Болдырь и А. Ф. Смирнов, Новые конструкции игнайтронов и схемы их включения, "Электричество", 1940, № 11.

100. Ю. Д. Болдырь, Отпаянные игнитроны, ИЭСТ, 1940, № 1.

101. Б. М. Шляпошников, Новый выпрямитель на подстанции, "Техника железных дорог", 1943, № 9.

102. Ю. Д. Болдырь, Отпаянные вентили и область их применения, ВЭП, 1943, № 10—11.

103. Б. М. Шляпошников, Мощный игнитронный выпрямитель, ВЭП, 1943, № 10—11.

104. Л. Н. Дашевский, Устройство для зажигания игнитронов, Авторское свидетельство № 63258

105. Б. М. Шляпошников, Игнитронные выпрямители в электротяге, "Железнодорожный транспорт", 1946, № 7.

106. Б. М. Шляпошников, О возбуждении катодного пятна пропусканием тока через полупроводник, опущенный в ртуть, ЖТФ, 1946, т. XVI, № 9.

107. Б. М. Шляпошников, Игнитронные выпрямители для тяговых подстанций, Трансжелдориздат, 1947.

108. Л. М. Дашевский и В. Л. Иносов, Зажигание ртутных вентилях через стекло, "Сборник Института электротехники АН УССР", 1948, вып. 2.

#### в) Дуговые приборы с холодным катодом и специальные типы приборов

109. М. М. Ситников, Через технику электрона — к технике иона, "Электричество", 1932, № 23—24.

110. М. М. Ситников, Ионные преобразователи (серия "Проблемы новейшей физики", вып. XXVII) ГТТИ, 1934.

111. А. И. Ромашев, Разряд в ионном преобразователе с магнитным управлением, ЖТФ, 1936, т. VI, № 1.

112. Ю. В. Буткевич, Сеточный вентиль высокого напряжения с холодным катодом, "Электричество", 1936, № 12.

113. Ю. В. Буткевич, Дуговой выпрямитель высокого давления, "Бюллетень ВЭИ", 1940, № 1.

114. Ю. В. Буткевич, А. М. Бронштейн и В. А. Бережинский, Дуговые выпрямители высокого давления (в сборнике "Труды ВЭИ", вып. 50), Госэнергоиздат, 1941.

115. Р. П. Жежерин и Г. И. Бабат, Физико-технические основы ионно-конвекционного генератора, "Электричество", 1938, № 1.

116. В. Л. Грановский и Т. А. Суетин, Генерация мощных электрических колебаний в разряде низкого давления, ЖТФ, 1946, т. XVI, № 9.

#### г) Преобразовательные схемы и устройства

117. В. П. Вологдин, Патент № 777 от 18/VII 1921 г. и дополнительный за № 11450 от 8/III 1927 г. на каскадные схемы выпрямления тока.

118. А. Н. Ларионов, Патент за № 765582 от 14/IV 1923 г. на трехфазную мостовую схему.

119. И. Л. Каганов, Сравнение ртутных выпрямителей с вращающимися преобразователями, "Известия ГЭТ", 1923, № 5—6.

120. Я. Л. Михелис, Внешняя характеристика ртутных выпрямителей, "Известия ГЭТ", 1929, № 1.

121. Л. М. Клячкин, Подстанция с ртутным выпрямителем в Ленинградском политехническом институте, "Известия ГЭТ", 1929, № 7—8.

122. Л. М. Клячкин, Первые установки с ртутными выпрямителями завода "Электросила", "Известия ГЭТ", 1929, № 1.

123. К. А. Круг, Новые пути преобразования электрической энергии, "Электричество", 1933, № 15.

124. Г. И. Бабат, Схема с нулевым управляемым вентилем, Авторское свидетельство № 41072 от 21/I 1933 г.

125. Г. И. Бабат, Каскадные схемы управляемых выпрямителей, ИЭСТ, 1934, № 9.

126. Г. И. Бабат, Устройство для преобразования электрического тока, Авторское свидетельство № 48755 от 15/XII 1934 г.

127. Е. Г. Маркварт и В. Д. Гусаков, О токах короткого замыкания и обратного зажигания в трансформаторах для ртутных выпрямителей, "Бюллетень ВЭИ", 1935, № 5.

128. Г. Н. Петров, Электродинамические усилия в обмотках трансформаторов для ртутных выпрямителей, "Бюллетень ВЭИ", 1935, № 5.

129. И. Л. Каганов, и М. И. Котылев, Преобразование ионными приборами постоянного тока в переменный, "Бюллетень ВЭИ", 1935, № 5.

130. И. Л. Каганов и М. И. Котылев, Передача мощности из цепи постоянного тока в цепь однофазного тока, "Бюллетень ВЭИ", 1935, № 12.

131. Б. Н. Тихменев, Новые схемы вентильного двигателя, "Электричество", 1935, № 12.

132. Г. И. Бабат, Многофазные схемы управляемых выпрямителей с буферными анодами и разделительными дросселями, ИЭСТ, 1935, № 2.

133. И. Л. Каганов и М. И. Котылев, Коммутация при преобразовании тока ионными приборами, "Электричество", 1935, № 18.

134. Г. И. Бабат, Регулируемый выпрямитель с применением управляемых ионных ламп, Авторское свидетельство № 41068 от 31/I 1935 г.

135. О. Г. Вегнер и Д. А. Завалишин, Однофазный вентильный двигатель, Авторское свидетельство № 48773 от 28/IV 1935 г.
136. И. Л. Рубинштейн, Ртутные выпрямители с напряжением, регулируемым сетками, на подстанции Московского метрополитена, "Бюллетень ВЭИ", 1935, № 5.
137. Е. М. Синельников и Л. М. Данилевский, К вопросу о преобразовании постоянного тока в переменный при помощи управляемых преобразователей, ДНТВУ, 1935.
138. К. А. Круг, Электромагнитные процессы в установках с управляемыми ртутными выпрямителями, ОНТИ, 1935.
139. И. Л. Каганов и Д. К. Уайт, Регулирование напряжения сетками в ионных приборах, "Бюллетень ВЭИ" 1935, № 5.
140. И. Л. Каганов и М. И. Котылев, Преобразование постоянного тока в однофазный ионными приборами, "Электричество", 1935, № 7.
141. Г. И. Бабат и Н. П. Румянцев, Инвертор с нулевым вентилем, "Электричество", 1936, № 12.
142. Ф. И. Бутаев, Вентильный преобразователь, "Электричество", 1936, № 24.
143. С. Н. Дубовский, Ионный преобразователь с принудительным распределением потенциала, Авторское свидетельство № 48819 от 31/VIII 1936 г.
144. В. В. Ясинский, Явления в трансформаторе при работе на цепь с выпрямителем, "Электричество", 1937, № 2.
145. Ф. И. Бутаев и Е. Л. Эттингер, Схемы регулируемого электропривода на постоянном токе с управляемыми ртутными выпрямителями, ВЭП, 1937, № 10.
146. Г. К. Цверева, Ртутно-выпрямительная установка Днепровского алюминиевого завода "Электричество", 1937, № 14.
147. Б. Г. Лившиц, Электровоз однофазного постоянного тока с ртутным преобразователем, "Электричество", 1937, № 19.
148. С. А. Денисенко и Г. М. Янчук, Применение управляемых выпрямителей для электрификации шахтного подъема, "Горный журнал" 1937, № 6.
149. Д. А. Завалишин, Устройство для регулирования скорости асинхронного двигателя при помощи ионного преобразователя частоты, Авторское свидетельство № 54966 от 14/VI 1937 г.
150. Б. П. Терентьев, Выпрямители для радиоустройств, Связьрадиоиздат, 1938.
151. А. И. Голубев, Быстродействующий автоматический выключатель типа ВАБ "Электричество", 1938, № 8.
152. Б. Н. Тихменев и Н. О. Чекмарев, Опытный электровоз однофазного тока 50 герц, "Электричество", 1939, № 6.
153. Я. М. Червоненкис, Устройство для выпрямления и инвертирования трехфазного переменного тока, Авторское свидетельство № 57985 от 30/IX 1940 г.
154. А. А. Чернышев, Электрификация СССР и передача энергии постоянным током высокого напряжения, "Электричество", 1940, № 1.
155. М. А. Чернышев, Закон первичных токов многофазных мутаторов, "Электричество", 1940, № 6.
156. Е. Л. Эттингер, Возбуждение синхронных машин от управляемых ртутных выпрямителей, "Бюллетень ВЭИ", 1940, № 1.
157. Ф. И. Бутаев, Вентильный каскад, ВЭП, 1940, № 4.
158. И. Л. Каганов, Инвертирование постоянного тока в трехфазный, Энергоиздат, 1941.
159. Б. М. Шляпошников, Анализ схем питания рудничных электровозов постоянного тока от выпрямителей, "Уголь", 1941, № 3.
160. А. А. Булгаков, Переходные режимы электроприводов с управляемыми выпрямителями, "Бюллетень ВЭИ", 1941, № 3.
161. И. Л. Каганов, Регулируемый многофазный выпрямитель, Авторское свидетельство № 64084 от 17/I 1941 г.
162. И. Л. Каганов и А. А. Сакович, Быстродействующий электромагнитный регулятор, Авторское свидетельство № 63848, 1941.
163. К. А. Круг, Перспективы развития передачи энергии постоянным током высокого напряжения, "Электричество", 1945, № 3.
164. И. Л. Каганов, Многофазный инвертор с уравнительным реактором, авторское свидетельство № 64126 от 31/I 1941 г.
165. И. Л. Каганов, Многофазный инвертор с мостовой схемой, Авторское свидетельство № 64160 от 31/I 1945 г.
166. Е. М. Глух, Устройство для зажигания нескольких одноанодных вентилей ртутно-выпрямительной установки, Авторское свидетельство № 68224 от 18/IX 1945 г.
167. М. П. Костенко, Л. Р. Нейман и Г. В. Блаудзевич, Электромагнитные процессы в системах с мощными выпрямительными установками, Изд. АН СССР, 1946.
168. А. Г. Ивахненко, Устройство для автоматического регулирования скорости асинхронного двигателя, Авторское свидетельство № 67781 от 6/IV 1943 г.
169. В. Л. Савицкий, Мощный одноанодный ртутный выпрямитель, "Электричество", 1946, № 11.
170. Э. А. Манькин и Н. Н. Корсун, Устройств частоты для компенсации пика внешней характеристики в ртутно-выпрямительных установках, ВЭП, 1948, № 2.
171. Ф. И. Бутаев и Н. В. Якобсон, Привод прокатного стана с регулированием скорости при помощи вентильного каскада, ВЭП, 1948, № 4.
172. А. М. Утевский, Теория и метод расчета трехфазных выпрямителей с емкостным фильтром, Госэнергоиздат, 1949.
173. А. М. Утевский, Электромагнитные процессы при аварийных режимах выпрямительных агрегатов, "Известия АН СССР, ОТН", 1949, № 2.
174. М. А. Чернышев, Инвертирование тока на тяговых подстанциях, Трансжелдориздат, 1950.
175. Ю. Г. Толстов, Электромагнитные процессы в выпрямительных установках с нелинейными анодными дросселями, "Известия АН СССР, ОТН", 1950, № 2.
176. Я. Л. Червоненкис, Инвертирование — советское изобретение, "Электричество", 1951 № 7.
177. А. Л. Горелик, Промышленная электроника, Госэнергоиздат, 1951 г.
178. Ф. И. Бутаев и Е. Л. Эттингер, Вентильный электропривод, Госэнергоиздат, 1951 г.
179. Г. А. Ривкин, Преобразовательные установки большой мощности, Госэнергоиздат, 1951.
180. Д. А. Завалишин и И. А. Глебов, Установившийся режим синхронного шестифазного генератора, Сборник "Электросила", 1951, № 10е.
181. Д. А. Завалишин и Б. В. Фролов, Каскадная схема асинхронного двигателя с ионным преобразователем для широкой регулировки скорости, Сборник "Электросила", 1951, № 9.

182. А. В. Поссе, Многоступенчатый однофазный выпрямитель для питания тяговых двигателей, „Электричество“, 1952, № 12.

183. А. М. Утевский, К вопросу методики исследования электромагнитных процессов в преобразовательных установках, „Известия АН СССР ОТН“, 1953, № 3.

#### д) Приборы с накалившимся катодом

184. А. А. Чернышев, Способ нагрева эквипотенциального катода в электронных вакуумных реле, Патент № 266, Кл. 21, д, заявление от 24 мая 1921.

185. В. Г. Карпов, Выпрямительные устройства на газотронах, ИЭСТ, 1933, № 8.

186. Г. И. Бабат и А. В. Красилов, Газотроны, их устройство и обслуживание, „Техника связи“, 1934, № 7—8.

187. А. Г. Мягких, Производство завода „Светлана“, Связьиздат, 1934.

188. А. П. Стволин, Исследование тиратрона для автоматики, „Бюллетень ВЭИ“, 1934, № 5.

189. Г. И. Бабат, Пути развития ионной электротехники, „Электричество“, 1937, № 7.

190. Л. Д. Друскина и А. В. Красилов, Работа тиратронов на повышенных частотах, „Электричество“, 1937, № 5.

191. С. Д. Гвоздовер, Катодное падение потенциала в разряде при низком давлении в парах ртути и накалившем оксидном катоде, ЖЭТФ, 1937, № 7.

192. В. И. Раков и К. И. Фетисов, Высоковольтные секционированные газотроны, ИЭСТ, 1939, № 7—8.

193. Ю. Д. Болдырь и А. В. Красилов, Газоразрядные приборы (Технический справочник Главэспрома), Оборонгиз, 1939.

194. Б. Е. Строганов, Высоковольтные газонаполненные тиратроны, „Бюллетень ВЭИ“, 1940, № 9.

195. В. И. Раков и К. И. Фетисов, Высоковольтные секционированные газотроны, ВЭП, 1940, № 5—6.

196. А. А. Иванов, О некоторых особенностях работы оксидного катода в атмосфере ртутного пара, ИЭСТ, 1940, № 2; 1940, № 4—5.

197. Б. Е. Строганов и П. В. Тимофеев, Тиратроны („Сборник трудов ВЭИ“, вып. 41), Госэнергиздат, 1940.

198. Б. Е. Строганов и Г. М. Топчиев, Экранированный ртутный тиратрон, „Бюллетень ВЭИ“, 1941, № 12.

199. Ю. Д. Болдырь, Развитие и физическое обоснование конструкции газотронов, ВЭП, 1944, № 1—2.

200. К. Калашников, Л. А. Кубецкий, Импульсная эмиссия оксидных катодов, ЖТФ, 1946, т. XVI, № 12.

201. Б. Булат и С. Д. Гвоздовер, Теория газового разряда низкого давления с накалившимся катодом, находящимся в условиях свободного режима, ЖТФ, 1947, т. XVII, № 6.

202. А. В. Воробьев, Новый тип мощного управляемого газоразрядного вентиля, ЖТФ (сборник „Прибор с накалившейся нитью“), 1948.

203. Н. Д. Моргулис и Я. Л. Любарский, Распыление оксидного катода при разряде в ртутных парах, ЖТФ (сборник „Прибор с накалившейся нитью“), 1948.

204. Н. А. Карелина и Б. Н. Клярфельд, Падение напряжения на электродах при разряде в инертных газах, ЖТФ, 1948, т. XVIII, № 10.

#### е) Приборы тлеющего разряда с холодным катодом и схемы их применения

205. А. А. Чернышев, Газовые разрядники системы А. А. Чернышева, „Электричество“, 1928, № 19—20.

206. И. Натонек, Тлеющие лампы, их изготовление и свойства, „Известия ГЭТ“, 1929, № 9.

207. Н. Д. Девятков, Разрядники для защиты слабого тока, „Электричество“, 1931, № 22.

208. Я. С. Выгодский и Б. Н. Клярфельд, Влияние примеси аргона на разряд в неоне, ЖТФ, 1933, т. III, № 4.

209. И. М. Балог, Исследование потенциала зажигания разряда в неоне-водородных и неоне-кислородных смесях, ЖЭТФ, 1936, т. 6, стр. 481.

210. Э. М. Рейхрудель и Г. В. Спивак, О влиянии возбужденного газа на процессы в катодных частях тлеющего разряда, ЖЭТФ, 1936, т. 6, стр. 846.

211. С. К. Моралев, Влияние примесей на потенциал зажигания разряда в аргоне, ЖЭТФ, 1937, т. 7, стр. 1430.

212. И. И. Глотов, Влияние метастабильных атомов на силу тока несамостоятельного разряда в неоне, ЖЭТФ, 1937, т. 7, стр. 1005.

213. А. И. Парфентьев, Лампа тлеющего разряда с холодным катодом и управляющей сеткой, ЖТФ, 1939, т. IX, № 3.

214. Б. Л. Балашинский и С. В. Боржов, Каталог на газосветные лампы, Бюро технической информации МПСС, 1947.

215. А. П. Иванов, Электрические источники света, Госэнергиздат, 1948.

216. П. Н. Чистяков, Нормальный тлеющий разряд в смеси инертных газов, ЖТФ, 1949, т. XIX, № 10.

217. А. М. Шемаев, И. И. Попенова и И. С. Ройзман, Поглощение инертного газа и оплавление поверхности катода в тлеющем разряде, ЖТФ, 1952, № 2.

#### ж) Тиратронные схемы и устройства

218. Г. И. Бабат, Устройство для стабилизации выпрямленного напряжения, Авторское свидетельство № 40445 от 7/V 1933 г.

219. Г. И. Бабат, Новый тип тиратронного реле, ИЭСТ, 1933, № 9.

220. Г. И. Бабат, Тиратронные прерыватели для электросварки, „Электричество“, 1934, № 16.

221. С. М. Катлер, Тиратронный контроллер для точечной электросварки, ВЭП, 1935, № 4.

222. С. Я. Эмдин, Тиратронные контроллеры для шовных и точечных машин, „Электричество“, 1935, № 10.

223. А. А. Глебович, Регулирование напряжения генераторов ионно-электронными приборами, „Электричество“, 1936, № 17.

224. В. Е. Вартельский, Ионное реле времени, ИЭСТ, 1937, № 12.

225. В. Е. Вартельский, Применение тиратрона для автоматического регулирования, ИЭСТ, 1937, № 2.

226. Г. И. Бабат и Я. А. Кацман, Тиратронные преобразователи с улучшенным коэффициентом мощности и тиратронные компенсаторы, „Электричество“, 1937, № 4.

227. Г. И. Бабат и Г. Л. Рабкин, Тиратронные компенсаторы, ВЭП, 1937, № 4—5.

228. Ю. Д. Болдырь, Е. А. Карпович и Т. Б. Фогельсон, Тиратроны с холодным катодом, АИТ, 1941, № 1.

229. К. Нейтвиг, Газоразрядные лампы в технике (Таблица № 23, Лампы Московского электролампового завода), Госэнергиздат, 1945.

230. Л. Н. Кораблев, Применение газового разряда в импульсной технике, ДАН СССР, 1948, т. 62, № 2.

231. Л. Н. Кораблев, Пропорциональный годоскоп, ДАН СССР, 1949, т. 69, стр. 643.

232. Л. Н. Кораблев, Пересчетные схемы, работающие на неоновых лампочках, ДАН СССР, 1950, т. 75, стр. 375—378.

233. В. В. Петров и Б. А. Пионтковский, Стабилизаторы напряжения и тока, Связьиздат, 1952.

#### По разделу: Полупроводниковая техника

##### а) Физические явления в полупроводниках и полупроводниковых вентилях

234. Б. В. Курчатов и В. П. Жузе, Зависимость типа проводимости от концентрации и природы примесей, „Советская физика“, 1932, № 2, стр. 454.

235. В. П. Жузе, Электропроводность селена, „Советская физика“, 1932, № 2, стр. 457.

236. Я. И. Френкель и А. Ф. Иоффе, Теория выпрямления в контактном слое между полупроводником и металлом, „Физический журнал СССР“, 1932, № 1.

237. Д. Н. Наследов и Л. М. Неменов, Твердые выпрямители и фотоэлементы, ГТТИ, 1933.

238. Д. Н. Наследов и Л. М. Неменов, О темновой и световой проводимости закиси меди, ЖЭТФ, 1933, т. 3, стр. 615.

239. И. Е. Тамм, Поверхностные энергетические уровни электронов, ЖЭТФ, 1933, т. 3, № 1.

240. Л. Д. Ландау и А. Компанеев, Полупроводники в сильных электрических полях, ЖЭТФ, 1935, т. 5, стр. 276.

241. Я. И. Френкель, Диффузия дырок в полупроводнике, ЖЭТФ, 1936, т. 6, стр. 647.

242. А. Ф. Иоффе, Электронные полупроводники, ГТТИ, 1936.

243. В. М. Гохберг и М. С. Соминский, Зависимость типа проводимости от примесей, ЖЭТФ, 1937, т. 7, стр. 1099.

244. А. Ф. Иоффе, Зависимость электропроводности полупроводников от напряженности поля, ДАН СССР, 1937, т. 16, № 2.

245. Я. И. Френкель, К теории электрического пробоя в диэлектриках и полупроводниках, ЖЭТФ, 1938, т. 8, стр. 1292.

246. Б. И. Давыдов и Д. И. Блохинцев, Выпрямление на границе двух полупроводников одного типа, ДАН СССР, 1938, т. 21, стр. 22.

247. А. Ф. Иоффе, Полупроводники в сильных полях и выпрямляющие свойства, „Известия Академии наук. Серия физическая“, 1938, № 5—6, стр. 617.

248. Б. И. Давыдов, О выпрямляющем действии полупроводников, ЖТФ, 1938, т. 8, № 1.

249. А. Ф. Иоффе, Полупроводники в современной физике и технике, „Электричество“, 1939, № 6.

250. Ф. Ф. Волькенштейн, Полупроводники в сильных электрических полях, ЖЭТФ, 1939, № 9.

251. С. И. Пекар, Теория выпрямления на границе двух дырочных полупроводников, ЖЭТФ, 1939, т. 9, стр. 534; 1940, т. 10, стр. 1210.

252. В. Е. Лашкарев, Исследование запиорного слоя методом термозонда, „Известия АН СССР. Серия физическая“, 1941, т. 5, № 4—5.

253. С. И. Пекар, Контакт полупроводника с металлом и приэлектродные скачки потенциала, „Известия АН СССР. Серия физическая“, 1941, т. 5, № 4—5.

254. А. Ф. Иоффе, Полупроводники и их применение, „Электричество“, 1946, № 1.

255. Ф. Ф. Волькенштейн, Электропроводность полупроводников, Гостехиздат, 1947.

256. А. Ф. Иоффе, Выпрямление на границе двух полупроводников, ЖТФ, 1948, т. XVIII, № 12.

257. С. И. Пекар, К теории рекомбинации электронов в полупроводниках, ЖЭТФ, 1950, т. XX, № 3.

258. А. И. Губанов, Теория контакта двух полупроводников с различными типами проводимости — электронным и дырочным, ЖТФ, 1950, т. XX, № 11.

259. Ф. Ф. Волькенштейн, Зонная теория и пределы ее применимости, УФН, 1951, т. 43, № 11.

260. А. И. Губанов, Теория твердых выпрямителей, ЖТФ, 1952, т. XXII, № 3.

261. А. И. Губанов, Теория твердых выпрямителей и контактов полупроводников, ЖТФ, 1953, т. XXIII, № 4.

262. А. И. Губанов, Теория возникновения вентильной э. д. с. в полупроводниках, ЖЭТФ, 1953, т. XXV, № 3.

##### б) Полупроводниковые вентили

263. А. С. Попов, Усовершенствование когериров. Доклад А. С. Попова на Первом всероссийском электротехническом съезде в январе 1900 г. (опубликовано в сборнике „Изобретение радио А. С. Поповым“, изд. АН СССР, 1945).

264. О. В. Лосев, Кристаллин, Ти ТБП, № 14 и 15.

265. С. П. Гвоздов и В. И. Туркулец, Меднозакисные выпрямительные элементы, ИЭСТ, 1935, № 2.

266. Б. М. Тареев, Меднозакисные выпрямители, „Электричество“, 1933, № 9.

267. С. П. Гвоздов, В. И. Туркулец и А. М. Сидоров, Строение окислов меднозакисных выпрямителей, ИЭСТ, 1935, № 7.

268. Ю. А. Дунаев и П. В. Шаравский, Пробой меднозакисных выпрямителей, ЖТФ, 1937, т. VII, № 10.

269. П. В. Шаравский, Меднозакисные выпрямители, „Известия АН СССР. Серия физическая“, 1938, № 5—6.

270. В. Т. Ренне, Электрические свойства меднозакисных выпрямителей телефонного типа с диаметром пластины 5 мм, „Известия АН СССР. Серия физическая“, 1938, № 5—6.

271. А. З. Левинзон и Ю. А. Дунаев, Меднозакисные пластины для мощных меднозакисных выпрямителей, ЖТФ, 1938, т. VIII, № 13—14.

272. И. Л. Эрнстов и Р. Ф. Сиваков, Авторское свидетельство на изготовление селеновых выпрямителей № 55356 по заявке от 31 мая 1938 г.

273. И. Л. Эрнстов и А. И. Стефановский, Селеновые металлические выпрямители, ИЭСТ, 1938, № 11.

274. Б. В. Курчатов, Новые типы выпрямителей, „Известия АН СССР. Серия физическая“, 1938, № 5—6.

275. Н. А. Крауз и П. В. Шаравский, Электрический пробой меднозакисных выпрямителей на постоянном и переменном токах, ЖТФ, 1940, т. X, № 12.



276. Ю. А. Дунаев и Б. В. Курчатов, Сульфидный выпрямитель, ЖТФ, 1940, т. X, № 22.
277. А. Л. Горелик, Применение полупроводников в качестве управляемых сопротивлений, "Электричество", 1940, № 8.
278. А. З. Левинзон и Г. П. Павлов, Селеновые выпрямители, ЖТФ, 1940, т. X, № 22.
279. В. Г. Комар, Эксплуатационные характеристики селеновых выпрямителей, ЖТФ, 1940, т. X, стр. 1897.
280. И. Л. Эристов, Твердые выпрямители, ВЭП, 1943, № 10—11.
281. А. В. Воронин, Н. Корчагин, Производство селеновых выпрямителей и перспективы их развития на ж.-д. транспорте, "Техника железных дорог", 1944, № 8.
282. С. Б. Юдицкий, Новый селеновый выпрямитель, "Электричество", 1944, № 8—9.
283. И. Х. Геллер и П. Я. Яхно, Фабричные селеновые выпрямители, "Радио", 1946, № 8—9.
284. К. Г. Трофимов, Высоковольтные селеновые выпрямители, "Сборник трудов научной сессии АН Узб. ССР", 1947.
285. В. Г. Комар, Селеновые выпрямители, "Электричество", 1947, № 2.
286. А. З. Левинзон, Полупроводниковые выпрямители, Госэнергоиздат, 1948.
287. В. Г. Комар и Р. Ю. Каден, Старение селеновых выпрямителей, "Труды НИКФИ", 1949, вып. 10.
288. С. Б. Юдицкий, Синхронные генераторы с твердыми выпрямителями, ЦБТИ МЭП СССР, 1948 и Госэнергоиздат, 1954.
289. В. Г. Комар, Полупроводниковый усилитель, "Электричество", 1949, № 7.
290. И. И. Ратгауз и В. А. Белоус, Бесконтактные зарядные устройства, "Электричество", 1949, № 12.
291. И. И. Ратгауз, Масляные селеновые выпрямители, "Электричество", 1950, № 9.
292. А. В. Ржанов, Дополнение к книге, "Кристаллические детекторы", т. I, "Советское радио", 1950.
293. В. С. Вавилов, Полупроводниковые триоды без точечных контактов, УФН, 1952, т. 46, № 1.
294. А. П. Пужай и В. А. Гольденберг, Отечественный германиевый диод, "Радио", 1953, № 5.
295. С. Г. Калашников (ред.), Кристаллические выпрямители и усилители, "Советское радио", 1954.
296. Е. Я. Пумпер, Кристаллические диоды и триоды, Госэнергоиздат, 1953.
303. М. А. Спицын, Советские купроксные выпрямители для питания цепей накала и анода ламп радиопередатчиков, ИЭСТ, 1938, № 4.
304. М. И. Витенберг, Расчет меднозакисных и селеновых выпрямителей, АИТ, 1940, № 1.
305. С. Б. Юдицкий, Возбуждение синхронных машин от купроксных или селеновых выпрямителей, ВЭП, 1940, № 10.
306. В. Г. Комар, Стабилизаторы напряжения и тока с феррорезонансным управлением дросселями насыщения, "Электричество", 1944, № 11—12.
307. В. Г. Комар, Расчет селеновых выпрямителей, "Электричество", 1946, № 9.
308. В. Г. Комар, Л. И. Сажин, Авторское свидетельство № 73901 от 21/X 1947 г. на селеновый выпрямитель.
309. И. Л. Каганов, Бесконтактный быстродействующий регулятор тока, "Электричество", 1948, № 5.
310. Е. М. Гуревич, Селеновые выпрямители для электровозной аккумуляторной откатки, "Уголь", 1948, № 5.
311. В. Г. Комар, Регулирование напряжения генераторов постоянного тока магнитными усилителями, "Электричество", 1949, № 4.
312. В. Л. Иносов и П. В. Цукерник, Компаундирование мощных синхронных генераторов с электромагнитным корректором напряжения, "Электричество", 1949, № 9.
313. В. Г. Комар и Л. И. Сажин, Автоматическое регулирование и стабилизация света в кинотеатрах с помощью селеновых выпрямителей и дросселей насыщения, "Электричество", 1949, № 10.
- 314 и 315. И. И. Ратгауз и В. А. Белоус, Бесконтактные зарядные устройства, "Электричество", 1949, № 12.
316. В. Г. Комар, Работа полупроводниковых выпрямителей в цепях управления, Госэнергоиздат, 1952.
317. И. А. Казаринов, Селеновые выпрямители для предприятий связи, Связьиздат, 1952.

#### По разделу: Электронные промышленные установки

#### в) Схемы питания полупроводниковых приборов и полупроводниковые устройства

297. В. Н. Рождественский, О температурной компенсации в маловольтных приборах переменного тока с меднозакисным детектором, ЖТФ, 1931, № 7.
298. К. Б. Карандеев, Детекторные гальванометры переменного тока, ЖТФ, 1932, т. II, стр. 76.
299. С. М. Мессерман, Зарядные устройства для аккумуляторных электровозов, ВЭП, 1933, № 1.
300. А. Н. Ларионов, Купроксный бентиль как защита обмоток возбуждения от перенапряжений, "Электричество", 1933, № 8.
301. М. И. Влодавский, Сухие меднозакисные выпрямители и их применение для целей автоблокировки, ИЭСТ, 1934, № 1.
302. Л. И. Гутенмахер, Детекторные векторметры, "Электричество", 1938, № 7.
318. А. А. Чернышев, Электронные приборы и некоторые их применения, "Электричество", 1952, № 4.
319. В. К. Попов, Фотоэлементы и тиратроны как новейшая техническая основа автоматизации производства, "Электричество", 1932, № 22.
320. Г. И. Бабат, Ламповые приборы для измерения углов сдвига фазы, "Электричество", 1932, № 13.
321. М. И. Гусев, Электрический контроль в производстве, "Электричество", 1933, № 13.
322. Л. И. Гутенмахер, Применение электронных ламп для определения по точкам формы кривых периодических явлений, "Электричество", 1935, № 8.
323. И. И. Иванова, Детекторный частотомер, "Электричество", 1935, № 14.
324. В. А. Михайлов, Фотореле ВЭИ и автоматизация производственных процессов, "Электричество", 1935, № 19.
325. А. Е. Егоров-Кузьмин и С. Я. Эмдин, Тиратронные контроллеры с жидким катодом для контактных электросварочных машин, ВЭП, 1936, № 8.
326. Л. И. Гутенмахер, Применение электронных ламп для измерения сдвига фаз, "Электричество", 1936, № 2.
327. С. Я. Эмдин, Ионные контроллеры для контактных электросварочных машин, ОНТИ, 1937.



328. Л. С. Гольдфарб, Электронный регулятор напряжения постоянного тока, „Электричество“, 1937, № 16.
329. В. С. Вихман, Фотоэлектронная автоматика в станкостроении, АИТ, 1937, № 3.
330. Г. И. Бабат и М. Г. Лозинский, Закалка стали путем нагрева токами высокой частоты, „Электричество“, 1938, № 7.
331. М. И. Владовский и Л. И. Байда, Новейшие фотоэлектрические приборы для автоматического контроля и регулирования, „Электричество“, 1938, № 7.
332. Б. А. Талалай, Приборы для дистанционного наблюдения за коммутацией, „Электричество“, 1938, № 4.
333. Г. Р. Герценберг, Электронно-ионный регулятор напряжения для машины переменного тока, „Электричество“, 1938, № 4.
334. В. Е. Вартецкий, Измерение электрических величин с помощью тиратрона, „Электричество“, 1939, № 8.
335. В. П. Вологдин, Поверхностная закалка сталей индукционным способом, Госметаллургия, 1939.
336. И. В. Акиловский, Режимы высокочастотной электронки с ламповым генератором, „Электричество“, 1939, № 10–11.
337. С. С. Чугунов, Электростробоскоп большой мощности, „Электричество“, 1940, № 7.
338. Г. Р. Герценберг, Электронные регуляторы напряжения для Волгостроя, „Бюллетень ВЭИ“, 1940, № 7.
339. А. И. Гордненко, Тиратронный коммутатор для катодного осциллографа, ИЭСТ, 1940, № 6.
340. В. А. Старун, Электронная стабилизация напряжения, „Электричество“, 1940, № 12.
341. Б. П. Апаров, Возбуждение синхронных машин с помощью ионных аппаратов, „Электричество“, 1940, № 1.
342. Г. Р. Герценберг, Электронно-ионные регуляторы напряжения ВЭИ, „Электричество“, 1940, № 2.
343. Л. С. Гольфарб, Электронно-ионные регуляторы напряжения, „Электричество“, 1941, № 2.
344. С. С. Чугунов, Автоматический регулятор с пропорциональным по времени регулированием, „Электричество“, 1944, № 10.
345. А. А. Соколов, Электронные усилители постоянного тока, „Электричество“, 1944, № 10.
346. Г. И. Бабат, Высокочастотный бесконтактный электротранспорт, „Электричество“, 1944, № 5–6.
347. А. А. Соколов, Новый способ автоматического контроля, „Электричество“, 1944, № 7.
348. И. В. Александров и В. М. Дегтер, Высокочастотный нагрев слоистых диэлектриков при прессовании, ВЭИ, 1945, № 6.
349. Б. Е. Телишевский и Д. В. Зернов, Применение электронно-лучевых трубок для регулирования и следящего привода, „Электричество“, 1945, № 10.
350. Т. Н. Соколов и И. А. Дружинский, Автоматическое копирование на металлорежущих станках, Машгиз, 1949.
351. Н. Г. Сушкин, Электронный микроскоп, ГИИТЛ, 1949.
352. А. Н. Мазин, А. В. Нетушил и Е. П. Парини, Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников, Госэнергоиздат, 1950.
353. А. М. Бонч-Бруевич, Применение электронных ламп в экспериментальной физике, ГИИТЛ, 1950 и 1954.
354. А. А. Булгаков, Электронные устройства автоматического управления, Госэнергоиздат, 1951.
355. А. В. Ерофеев, Электронные приборы теплового контроля и регулирования, Госэнергоиздат, 1951.
356. В. Д. Миронов, Усовершенствованный электронный регулятор, „Известия ВТИ“, 1952, № 7.
357. Б. В. Косткевич, Электронные приборы для измерения и регулирования температуры, Оборонгиз, 1952.
358. И. Б. Гольдрейер, Стабилизаторы напряжения, Госэнергоиздат, 1952.
359. Г. И. Шевченко, Стабилизация напряжения ионного преобразователя частоты, „Электричество“, 1953, № 5.
360. И. Л. Каганов, Применение электроники в промышленности, „Электричество“, 1953, № 7 и 8.
361. В. А. Михайлов, Электронная автоматика в коммунальном хозяйстве, Изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1953.
362. А. М. Разыграев, Электронное управление на металлорежущих станках, Машгиз, 1953.

## СОДЕРЖАНИЕ

От редакционной комиссии . . . . .	5
Введение . . . . .	7
1. Выпрямительная техника до Великой Октябрьской социалистической революции . . . . .	7
2. Ионно-преобразовательная и полупроводниковая техника после Великой Октябрьской революции . . . . .	9
а) Вентили с ртутным катодом и схемы преобразования тока . . . . .	9
б) Ионные приборы с накалившимся катодом . . . . .	26
в) Приборы с ненакаливаемым (холодным) металлическим катодом . . . . .	33
г) Полупроводниковая техника . . . . .	35
3. Применение электроники в промышленности . . . . .	39
Летпись развития промышленной электроники . . . . .	43
Литература . . . . .	49

Редактор И. В. Актих

Автор — Израиль Львович Каганов

Техн. редактор К. П. Ворожик

Сдано в набор 7/XII—1954 г.

Подл. к печати 13 XII 1954 г.

Т-08493.

Бумага 84 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 5,76 печ. л.

Уч.-изд. л. 7,7.

Цена 5 р. 40 к.

Тираж 550 экз.

Типография Госэнергоиздата, Москва, Шлюзовая наб., 10.

STAT

**Page Denied**

**Цена 5 р. 40 к.**